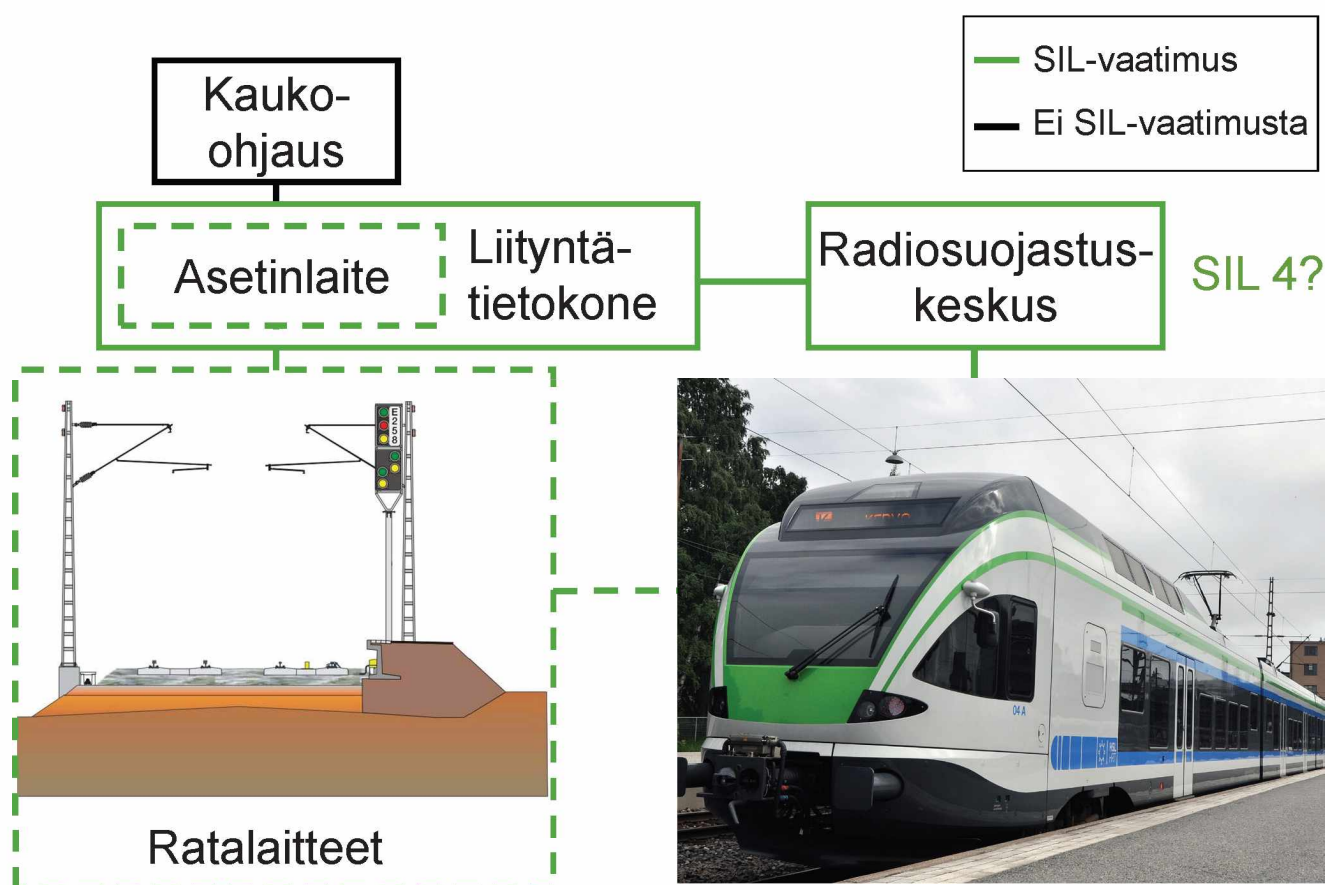


LAURA JÄRVINEN

Tulevaisuuden junien kulunvalvonta- järjestelmän (ERTMS) rajapinnan sovittaminen nykyisiin rautateiden turvalaitteisiin



Laura Järvinen

Tulevaisuuden junien kulunvalvonta- järjestelmän (ERTMS) rajapinnan sovittaminen nykyisiin rautateiden turvalaitteisiin

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 47/2012

Kannen kuva: Laaksonen, VR Group

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6656
ISBN 978-952-255-216-7

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-255-215-0

Kopijyvä Oy
Kuopio 2012

Julkaisua myy/saatavana
paino.kuopio@kopijyva.fi

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 020 637 373

Laura Järvinen: Tulevaisuuden junien kulunvalvontajärjestelmän (ERTMS) rajapinnan soveltaminen nykyisiin rautateiden turvalaitteisiin. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2012. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 47/2012. 46 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-216-7, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-215-0 (pdf).

Avainsanat: rautatiet, turvalaitteet, kulunvalvonta, asetinlaitteet

Tiivistelmä

Työn tavoitteena on selvittää nykyisin käytössä olevien rautateiden turvalaitteiden liittämismahdollisuuksia uuteen yhteiseurooppalaiseen rautatieliikenteen hallintajärjestelmään (ERTMS). Rautateiden turvalaittejärjestelmä on uusittava Suomessa muutaman vuosikymmenen sisällä johtuen EU-tasolla annetuista vaatimuksista sekä nykyisen järjestelmän elinkaaren päättymisestä. Muutostyöskustannukset uuteen kulunvalvontajärjestelmään ovat suuret, mutta on mahdollista alentaa käyttöönotto- ja lyhentää käyttöönottoaikataulua, jos nykyisiä järjestelmiä tai niiden osia on mahdollista hyödyntää uutta tekniikkaa rakennettaessa.

Työ on rajattu koskemaan ERTMS-tekniikan tasoa 2 ja sen rajapintaa radiosuojastuskeskuksen ja asetinlaitteen välillä. Työssä on esitetty nykyisin käytössä olevat turvalaittejärjestelmät sekä tutkittu, millä rataosuuksilla ERTMS tasosta 2 olisi eniten hyötyä huomioiden rataosuuden ja turvalaittejärjestelmän tekniset ominaisuudet sekä kapasiteettitarpeen. Tämän perusteella on painotettu rajapintaselvitystä niihin asetinlaitetyppeihin, joihin radiosuojastuskeskuksen rajapinta olisi hyödyllistä toteuttaa.

Toiminnalliset vaatimukset on kuvattu tiedonsiirron vaiheina turvalaittejärjestelmän eri osissa. Näiden perusteella on käsitelty myös niihin liittyviä teknisiä ja turvallisuusvaatimuksia. Tiedonsiirron perusteella on määritelty, mitä tarvitaan lähtötietoina ja mistä tiedot on mahdollista saada. Kun radiosuojastuskeskuksen rajapinnan toteuttamista harkitaan nykyisin käytössä olevaan asetinlaitteeseen, suurimmaksi haasteeksi osoittautuu tarvittavien tietojen saaminen asetinlaitteesta kyseiseen rajapintaan. Tietojen avulla radiosuojastuskeskuksen on voitava määrittää junan tarvitseman ajoluvan tiedot.

Selvityksen perusteella voidaan todeta, että vanhemmissa asetinlaitetyppeissä kaikkea tietoa ei ole mahdollista saada ilman mittavia investointeja asetinlaitemuutoksiin tai rajapintaan rakennettavaan liityntätietokoneeseen. Tämä rajoittaa ERTMS tason 2 käyttöönottoaikataulua, koska tason 2 käyttöönotto on järkevää yleensä vasta asetinlaitteen uusimisen yhteydessä.

Laura Järvinen: Anpassande av det framtida tågtrafikstyrningssystemets (ERTMS) gränssnitt till de nuvarande säkerhetsanordningarna på järnvägarna. Trafikverket, infrastrukturteknik. Helsingfors 2012. Trafikverkets undersökningar och utredningar 47/2012. 46 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-216-7, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-215-0 (pdf).

Sammanfattning

Avsikten med detta arbete är att utreda möjligheterna för att ansluta de nuvarande säkerhetsanordningarna på järnvägen till det sameuropeiska järnvägens trafikstyrningssystemet ERTMS. Järnvägens signaleringssystem måste förnyas i Finland inom några årtionden på grund av de krav som ställs på EU-nivå. Dessutom har det befintliga systemet kommit till slutet av sin livscykel. Kostnaderna för att övergå till det nya trafikstyrningssystemet är höga, men man kan sänka kostnaderna och förkorta tidsplanen för ibruktagandet, om det är möjligt att utnyttja de nuvarande systemen eller delar av dem i samband med att den nya tekniken byggs upp.

Det här arbetet avgränsas till nivå 2 av ERTMS-tekniken och dess gränssnitt mellan radioblockcentralen (RBC) och ställverket. I arbetet presenteras de säkerhetsanordningssystem som nu används. Man har också undersökt på vilka banavsnitt ERTMS nivå 2 skulle vara till största nytta med tanke på banavsnittets och säkerhetsanordningssystemets tekniska egenskaper och kapacitetsbehov. Utgående från detta lyfts det fram en gränssnittsutredning om de ställverkstyper som det skulle löna sig att utnyttja för radioblockcentralens gränssnitt.

De funktionella kraven har beskrivits som dataöverföringsskeden i olika delar av säkerhetsanordningssystemet. Utifrån dessa har också de tekniska och säkerhetsrelaterade kraven i anslutning till dem behandlats. På basis av dataöverföringen har det fastställs vilka ursprungsdata som behövs och varifrån dessa kan fås. Då man överväger att utnyttja radioblockcentralens gränssnitt med det ställverk som nu används, har det visat sig att den största utmaningen består i att få nödvändiga data från ställverket till gränssnittet i fråga. Med hjälp av dessa data måste radioblockcentralen kunna fastställa information för det körtillstånd som tåget behöver.

Utredningen visar att det i de äldre ställverkstyperna inte är möjligt att få all information utan omfattande investeringar i ställverken eller i kopplingsdatorn som måste byggas i gränssnittet. Det här påverkar tidsplanen för att ta i bruk ERTMS nivå 2, eftersom det lönar sig att ta i bruk nivå 2 först i samband med att ställverket förnyas.

Laura Järvinen: Implementing the Interface of Future Rail Traffic Management System (ERTMS) to Present Railway Signalling Systems. Finnish Transport Agency, Infrastructure Technology. Helsinki 2012. Research reports of the Finnish Transport Agency 47/2012. 46 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-216-7, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-215-0 (pdf).

Summary

The purpose of this work is to study the possibilities to implement an interface between existing railway signalling systems and the new European Rail Traffic Management System (ERTMS). The railway signalling system in Finland is to be renewed within a few decades due to EU regulations and the end of the lifecycle of existing signalling systems. Although the renewal costs for upgrading to the new Automatic Train Protection (ATP) system are high, commissioning costs can be reduced and the schedule shortened, if existing systems or their components are exploited when building new systems.

The scope of this work is limited to ERTMS level 2 and its interface between the Radio Block Centre (RBC) and the interlocking system. This work presents the existing signalling systems and the railway sections where ERTMS level 2 would be the most beneficial taking in account the technical properties and capacity requirements of the railway sections. Based on this, the interface study focuses on those interlocking types where the interface implementation would be the most useful.

Functional requirements are described as phases of data transfer in different parts of a signalling system. These are developed further to technical and safety requirements. The initial data and the source of initial data are defined based on the data transfer requirements. The biggest challenge in implementing the interface between the Radio Block Centre (RBC) and the existing interlocking system is to transmit the information from the interlocking system to the interface. This information is necessary to define the movement authority required by the train.

Based on this study it may be concluded that older interlocking system types do not support transmitting all the required information without big investments to interlocking system modifications or a coupling system to be built for the interface. This will restrict the ERTMS level 2 commissioning schedule as the commissioning of level 2 is in general reasonable only when the interlocking system is completely renewed.

Esipuhe

Liikennevirasto tilasi heinäkuussa 2011 VR Track Oy Suunnittelulta tämän eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän (ERTMS, European Rail Traffic Management System) tekniikkaa koskevan tutkimustyön. Työn yhdyshenkilönä Liikennevirastossa toimi Aki Härkönen. VR Track Oy Suunnittelussa tutkimustyöstä vastasi Laura Järvinen, joka tekee myös aiheeseen liittyvää tohtorinväitöskirjaa Aalto-yliopistossa professori Erkki Ikosen valvonnassa.

Tutkimustuloksia on käsitelty Liikenneviraston ERTMS-ohjausryhmässä ja esitelty rautatieturvalaitealan arvostetuimmilla kansainvälisillä foorumeilla: heinäkuussa 2012 saksalaisessa rautatieturvalaitelehdessä (SIGNAL+DRAHT Rail - Rail Signalling and Telecommunication, 7+8/2012) ja syyskuussa 2012 IRSE-yhdistyksen (Institution of Railway Signal Engineers, rautatieturvalaiteinsinöörien instituutio) 100-vuotisjuhlavuoden ASPECT 2012 -konferenssissa. Tutkimustuloksia on alkuvuonna 2012 hyödynnetty Liikenneviraston suunnitelmissa koskien ERTMS-ratalaiterakentamisvalmiutta.

Liikenneviraston teettämät kotimaiset ERTMS-tutkimukset ovat tärkeä osa osaamisen johtamista, jonka tavoitteena on luoda Liikenneviraston toimittajaverkostoon osaamisvalmiuksia 2010-luvun lopulla alkavan ERTMS-ratalaiterakentamisen tarpeisiin.

Helsingissä joulukuussa 2012

Liikennevirasto

Väylätekniikkaosasto/Ohjaus- ja turvalaitteet

Sisällysluettelo

MÄÄRITELMÄT.....	8
LYHENTEET	9
JOHDANTO	10
1 YLEISTÄ.....	11
2 ERTMS MUUALLA EUROOPASSA.....	15
3 SUOMESSA KÄYTÖSSÄ OLEVAT ASETINLAITETYYBIT	16
3.1 Vapaakytkentäinen releasetinlaite	17
3.2 Releryhmäasetinlaite	17
3.3 Tietokoneasetinlaite.....	19
3.4 Suojastusjärjestelmä.....	19
4 GSM-R	20
4.1 Piiri- ja pakettikytkentäinen yhteys.....	20
4.2 Turvalaitteiden vaatima radioyhteys	21
5 ESIMERKKIRATAOSUUKSIA.....	22
6 VAATIMUSMÄÄRITTELYT	26
6.1 Toiminnalliset vaatimukset.....	27
6.2 Turvallisuusvaatimukset.....	28
6.3 Standardien asettamat vaatimukset	28
6.3.1 EN 50126.....	29
6.3.2 EN 50128.....	33
6.3.3 EN 50129.....	33
6.3.4 EN 50159-1 ja -2	35
6.4 RBC-RBC-rajapinta.....	35
6.5 Rajapinnan toteuttamisen käytännön haasteita.....	36
6.6 RBC:lle asetettavia vaatimuksia.....	38
7 ERTMS L2 VAIKUTUKSET KAPASITEETTIIN	40
8 RBC-RAJAPINNAN VAIKUTUS MÄÄRÄYKSIIN JA VAATIMUKSIIN	41
9 LAITETOIMITTAJIEN NÄKEMYKSIÄ RAJAPINNAN TOTEUTTAMISEKSI.....	42
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	45
VIITTEET	46

Määritelmät

Ajolupa	Ajolupa on yhteiseurooppalaisen kulunvalvontajärjestelmän (ERTMS) välittämä tieto junalle varmistetusta kulkutiestä, sen reitillä olevista nopeusrajoituksista ja muista siihen liittyvistä tiedoista.
Asetinlaite	Asetinlaite on järjestelmä, jota käytetään kulkuteiden varmistamiseen. Asetinlaite varmistaa kulkutie-ehtojen täyttymisen kulkutietä asetettaessa ja toteuttaa kulkutien varmistamiseen liittyvät toimenpiteet.
Junien kulunvalvonta (JKV)	Junien kulunvalvonta on järjestelmä, joka valvoo junien suurinta nopeutta.
Kulkutie	Kulkutiellä tarkoitetaan turvalaitejärjestelmän varmistamaa reittiä kulkutien alku- ja päätepisteen välille.
Protokolla	Protokolla on yhteyskäytäntö, joka määrittelee tai mahdollistaa laitteiden tai ohjelmistojen väliset yhteydet.
Radiosuojastuskeskus (RBC)	Radiosuojastuskeskus on yhteiseurooppalaiseen kulunvalvontajärjestelmään liittyvä järjestelmän osa, jolla voidaan välittää asetinlaitteen varmistamien kulkuteiden perusteella ajolupa radiosuojastuskeskuksen alueella liikkuvalla junalla.

Lyhenteet

ERTMS	European Rail Traffic Management System (Eurooppalainen rautateiden liikenteenohjausjärjestelmä), ERTMS = ETCS + GSM-R
ETCS	European Traffic Management System (Eurooppalainen liikenteen-hallintajärjestelmä)
GSM-R	Global System for Mobile communications - Railway (GSM-verkko rautateitä varten)
INESS	INtegrated European Signalling System (Yhdistetty eurooppalainen turvalaitejärjestelmä)
IP	Internet Protocol (Internet-protokolla)
ISA	Independent Safety Assessor (Riippumaton turvallisuusarvioija)
JKV	Junien kulunvalvonta
LEU	Lineside Electronic Unit (koodain)
NoBo	Notified Body (Ilmoitettu laitos)
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety (luotettavuus, käytettävyys, kunnossapidettävyys, turvallisuus)
RBC	Radio Block Centre (Radiosuojastuskeskus)
SIL	Safety Integrity Level (Turvallisuuden eheyden taso)
UDP	User Datagram Protocol (Käyttäjän tietoliikenneprotokolla)
YTE	Yhteentoimivuudet tekniset eritelmät
YTM	Yhteiset turvallisuusmenetelmät

Johdanto

Rautateillä liikenteen turvallisuus on tärkeimpiä periaatteita järjestelmän suunnittelussa, sillä onnettomuuksien seuraukset voivat olla merkittävän suuria. Junien turvallisen kulun varmistamiseksi toteutettu turvalaitejärjestelmä koostuu turvalaitelogiikan sisältävästä asetinlaitteesta, radan varteen asetetuista ohjaus- ja ilmaisinalaitteista sekä veturissa olevista kulunvalvontalaitteista. Toimintavarmuuden ja turvallisuuden suhteen asetetut vaatimukset ovat erittäin korkeat, mikä tuo haasteensa järjestelmän rakentamis- ja ylläpitokustannuksiin.

Tulevaisuudessa käytettävissä oleva turvalaitetekniikka tulee vaikuttamaan merkittävästi rautateiden turvalaitteiden hankintoihin, käyttöönottoon ja selvitystarpeisiin. Nykyinen junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) korvataan tulevaisuudessa uudella eurooppalaisella rautatieliikenteenhallintajärjestelmällä (ERTMS), jonka tavoitteena on tulevaisuudessa poistaa junien liikkumista rajoittavat tekniset rajoitukset erilaisista kansallisista radioyhteyksistä ja junien kulunvalvonnoista johtuen. JKV:n rakentaminen on kestänyt kaikkiaan lähes 20 vuotta, joten järjestelmien muuttaminen on vähintään yhtä pitkä prosessi. Haastavaksi tilanteen tekee se, että veturilaitteiden ja ratalaitteiden uusiminen on ajoitettava kokonaisuutena, jotta junaliikenteessä on jatkuvasti käytössä olevajunien kulunvalvontajärjestelmä. Uusimista edesauttaa, jos nykyistä laitekantaa on mahdollista hyödyntää. Tämän selvityksen tavoitteena on tutkia, mitä mahdollisuuksia on toteuttaa järjestelmärajapinta nykyisen turvalaitejärjestelmän asetinlaitteen ja ERTMS:n laitteiston rajapintaan

ERTMS on ollut tutkimusten aiheena myös aiemmin. Selvityksiä on tehty mm. eri vaihtoehtojen kustannusvaikutuksista, ERTMS:n toteuttamisen käyttöönottostrategiasta, teknisistä reunaehdoista järjestelmän toteuttamiseksi sekä järjestelmän soveltamisesta Suomeen. Lisäksi on suunniteltu ja toteutettu ERTMS-koerata Oikoradalle. Koeradan tarkoituksena oli testata järjestelmän teknisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia sekä selvittää, miten kaksoisvarustus JKV- ja ERTMS-ratalaitteilla olisi mahdollista toteuttaa.

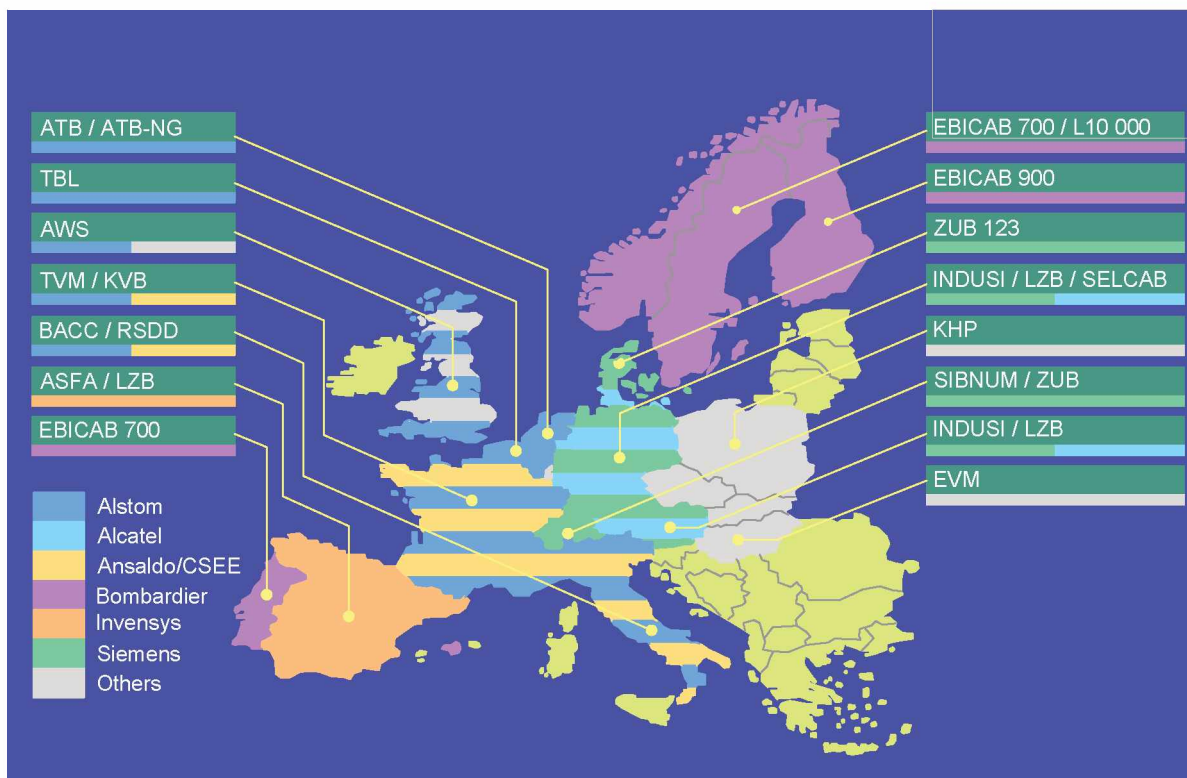
ERTMS-tekniikan taso 2 edellyttää kulunvalvontatietojen välittämistä radioverkon kautta junan veturilaitteille. Tämän työn tavoitteena on selvittää, kuinka ERTMS tasolla 2 tarvittava radiosuojastuskeskus kulkuluvan muodostamista varten on mahdollista liittää vanhempaan asetinlaitejärjestelmään. Työssä kuvataan tiedonsiirron sekä järjestelmän toiminnalliset periaatteet sekä minkälaisia teknisiä vaatimuksia ne asettavat eri järjestelmiin. Työssä on lisäksi selvitetty rataosat, joille ERTMS taso 2 voisi olla hyötyjen ja kustannusten osalta järkevä toteuttaa. Näin on voitu keskittyä rajapintatarkasteluissa enemmän niihin asetinlaitetyyppeihin, joissa tarve tulee todennäköisemmin vastaan.

1 Yleistä

Valtion rataverkolla on käytössä teknisiltä peruseräpäteiltään hyvin erilaisia ja erikäisiä asetinlaitteita. Tuleva yhteiseurooppalainen kulunvalvontajärjestelmä vaatii toiminnallisilla tasoilla 2 ja 3 rajapinnan asetinlaitteeseen siten, että kulunvalvontajärjestelmän vaatimat tiedot voidaan lähettää radioverkon kautta junalle. Tämä rajapinta on haasteellista toteuttaa teknisesti ja taloudellisesti kannattavaksi, koska jo-kainen tapaus on suunniteltava ja toteutettava erikseen. Lisäksi rajapinta on toteutet-tava rautatiejärjestelmän turvalaitteilta vaaditun korkean turvallisuustason mukaisesti. Tässä työssä selvitetään toiminnallisiin ja teknisiin vaatimuksiin liittyvät on-gelmakohdat ja nykyisten asetinlaitteiden mahdollistamat rajapinnat.

ERTMS:ään ajavat tekijät ovat sekä poliittisia että teknisiä. Vaikka EU ajaakin voimakkaasti ERTMS:n käyttöönottoa, käytännössä suurin tekijä Suomen kannalta käyttöönoton vauhdittajana on kuitenkin nykyisen JKV-laitekannan vanhentuminen ja vara-osien saatavuuden huonontuminen. Järjestelmää voidaan ylläpitää jonkin aikaa van-hojen purettavien järjestelmien varaosilla, kun nykyiset varaosat loppuvat, mutta jos-sain vaiheessa on pakko siirtyä ERTMS:ään tämän vuoksi.

EU pakottaa jäsenvaltiot vähitellen siirtymään ERTMS-järjestelmään yhteentoimivuusdirektiivin (2008/57/EY) avulla, joka koskee koko rautatiejärjestelmää. Yhteentoimivuusdirektiivin velvoittamana on EU-tasolla laadittu Yhteentoimivuuden tekniset eritelmät (YTE), joissa on kuvattu tarkemmat tekniset ja turvallisuusvaatimukset eri rautatiejärjestelmän osajärjestelmille. Turvalaitteita ja ERTMS:ää koskeva osajärjestelmän YTE on Ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-YTE. Tämän taustalla on hyvin vaihteleva junien kulunvalvonnan laitekanta eri maissa, mikä hankaloittaa rajat ylittävää liikennettä (kuva 1).



Kuva 1.

Euroopan erilaiset kulunvalvontajärjestelmät.

EU on luokitellut ratayhteyksiä sen mukaan, missä on eniten rajat ylittävää liikennettä. Kaikkein tärkeimmät yhteydet ovat manner-Euroopassa olevia usean maan poikki kulkevia liikenneväyliä, ns. käytäviä, joissa on käyttöönotettava ERTMS-kulunvalvontajärjestelmä vuoden 2020 loppuun mennessä. Liikenneväylien luokituksesta on lisäksi tehty ehdotus (2011/0294) liikenneväylien pitkän aikavälin kehittämistavoitteiden määrittämiseksi, jossa seuraava taso on ydinverkko. Ydinverkkoon kuuluisivat todennäköisesti Suomessa tärkeimmät rataosuudet, kuten Helsinki–Turku, Helsinki–Oulu(Tornio) ja Helsinki–Vainikkala. Näiden tulisi olla toteutettu ERTMS-tekniikalla vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi Euroopan komissio ehdottaa Suomen kattavan verkon määrittelemistä. Tämä verkko olisi laajuudeltaan käytännössä samankaltainen nykyisen TEN-verkon kanssa. Suomen kattava verkko tulisi olla toteutettuna ERTMS-tekniikalla vuoteen 2050 mennessä (kuva 2).

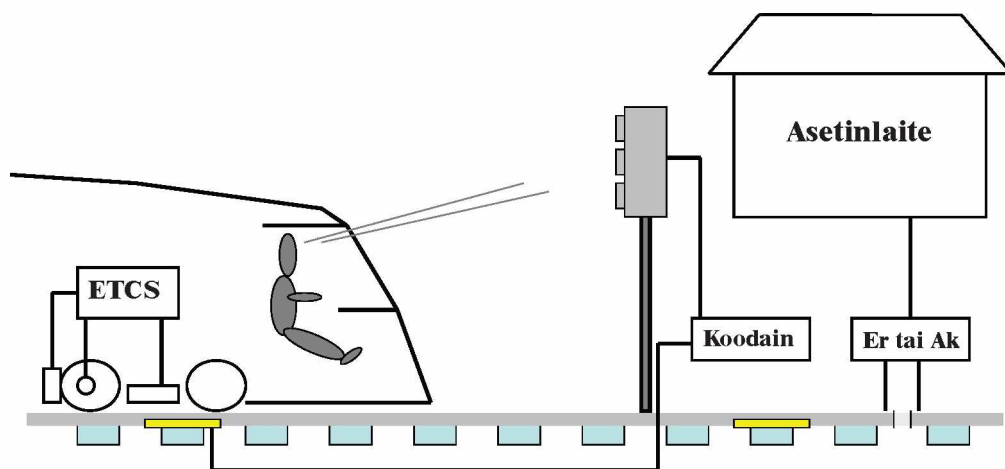


Kuva 2. ERTMS:n käytävät ja käyttöönottostrategia Euroopassa.
(http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/interoperability/ertms/edp_map_en.htm)

ERTMS-tekniikalle on määritelty useita toiminnallisia tasoja, joiden toimintaperiaatteet, tarvittava laitekanta ja niiden tarjoama kapasiteetti eroaa toisistaan. Näistä tärkeimmät ovat ERTMS-tasot 1–3 tason 1 ollessa näistä kevyin ratkaisu. Lisäksi on määritelty ERTMS-taso STM, jossa ainoastaan veturi- tai ratalaitteet on varustettu ERTMS-järjestelmällä toisen ollessa varustettu tavanomaisella kulunvalvontajärjestelmällä.

ERTMS-taso 1

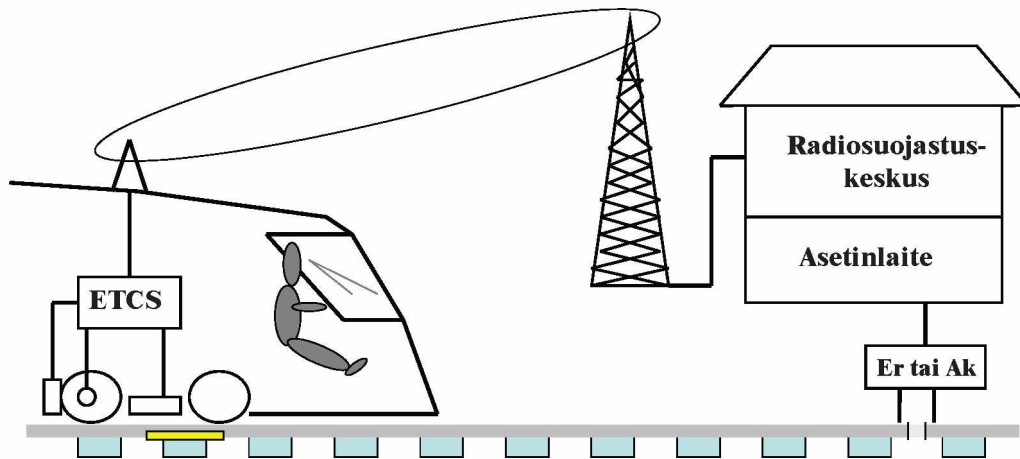
ERTMS-taso 1 on hyvin samankaltainen nykyisin Suomessa käytössä olevan kulunvalvontajärjestelmän kanssa, joka perustuu Ebicab 900 -tekniikkaan. Kuljettaja saa tiedon varmistetuista kulkuteistä eli ERTMS:n ajoluvista rataverkolla olevien näkyvien opastimien kautta. Asetinlaite varmistaa kulkutiet liikenteenohjauksen toimesta ja välittää tiedon varmistuneesta kulkutiestä radanvarren koodaimen (LEU) avulla ohjattavien eurobaliisien kautta veturilaitteille (kuva 3). ERTMS-taso 1 vaatii näkyvät opastimet ja raideosuuksien vapaanaolon ilmaisuuden. Kapasiteettia rajoittaa peräkkäisiltä opastimilta vaadittu minimietäisyys. Kapasiteettia on mahdollista lisätä välittämällä lisäajotieto eurosilmukan, eurobaliisien tai GSM-R-verkon kautta.



Kuva 3. ERTMS-tason 1 toimintaperiaate (ERTMS training.)

ERTMS-taso 2

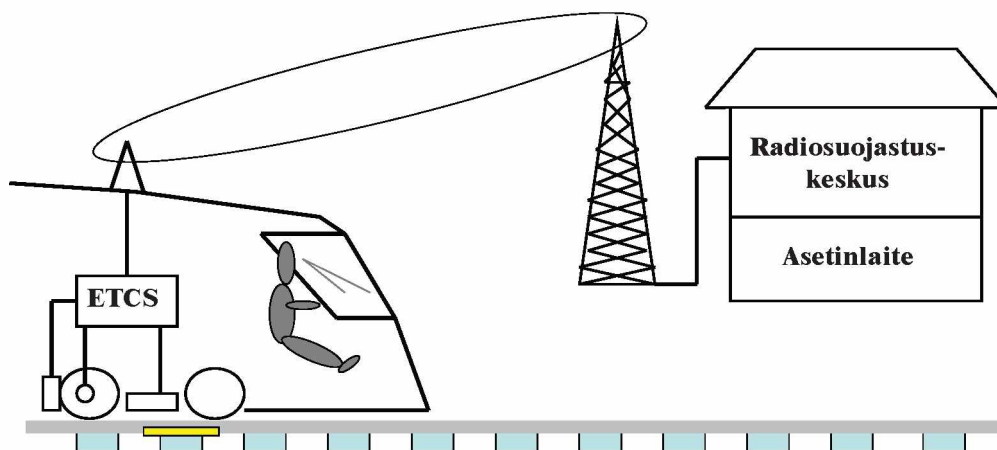
ERTMS-tasolla 2 asetinlaite varmistaa edelleen kulkutiet, mutta ajolupa välitetään RBC:n kautta GSM-R-verkossa veturilaitteille ja kuljettajan nähtäväksi (kuva 4). Opastimia ja baliiseja ei tarvita periaatteessa samalla tavalla kuin tasolla 1, mikä säästää investointikustannuksissa, jos varajärjestelmää tasolle 1 ei rakenneta. Ratalaitteista tarvitaan ainoastaan vapaanaolon ilmaisuus akselinlaskijoilla tai raidevirtapiireillä sekä eurobaliisien kautta sijainnin paikantamisen varmistaminen referenssipisteinä. Tiedonsiirtoyhteys esim. ajoluvan välitystä tai sijainnin paikantamista varten toteutetaan jatkuvana GSM-R-verkon kautta. Tämän vuoksi ERTMS-taso 2 tarjoaa paremman kapasiteetin rataverkolla, koska kulunvalvonta on jatkuvana eikä pistemäisenä, kuten tasolla 1. ERTMS-tason 2 investointikustannukset ovat sitä vastoin merkittävästi kalliimmat kuin tasolla 1.



Kuva 4. ERTMS-tason 2 toimintaperiaatteet (ERTMS training).

ERTMS- taso 3

ERTMS-taso 3 toimii periaatteiltaan muuten vastaavasti kuin ERTMS-taso 2, mutta radanvarren vapaanaolon ilmaisu ei tarvita. Junan paikantaminen määritetään GSM-R-verkon kautta kuten tasolla 2 (Kuva 5). Junassa tehdään junan kokonaisuuden tarkastaminen, jolloin ratalaitteita ei tarvita. ERTMS-taso 3 mahdollistaa ns. liikkuvan suojavälin, jossa peräkkäiset junayksiköt voivat ajaa niin lähekkäin, että kulunvalvonnan valvoma etäisyys on käytännössä junan sen hetkisen nopeuden ja ominaisuuksien mukaan laskettu jarrutusmatka turvamarginaalilla lisättynä. ERTMS-tason 3 tekniikkaa ei kuitenkaan ole sellaisenaan toteutettu vielä missään lukuun ottamatta Ruotsissa kehitettyä sovellusta tekniikasta (ERTMS Regional), koska järjestelmän tekninen ratkaisu ei ole vielä toteuttamiskelpoinen.



Kuva 5. ERTMS-tason 3 toimintaperiaatteet (ERTMS training).

2 ERTMS muualla Euroopassa

ERTMS-tekniikkaa ollaan käyttöönottamassa eri puolilla Eurooppaa vaihtelevalla aikataululla. Käyttöönottostrategia riippuu pitkälti asetinlaitteiden uusimisen aikatauluista, uusien ratayhteyksien rakentamisesta, käytössä olevan kulunvalvontajärjestelmän käyttöiästä ja kapasiteettimahdollisuuksista sekä maan sijainnista suhteessa muihin Euroopan maihin. EU on määritellyt erityisen kiinnostuksen kohteena olevat ns. käytävät (Corridors), jotka ovat maiden välisiä rajoja ylittävät merkittävimmät yhteyskäytävät Euroopan halki.

Euroopan maista ne, joissa on eniten investoitu ja tullaan lähivuosina investoimaan ERTMS:n kehitykseen ja käyttöönottoon, ovat Ruotsi, Espanja, Sveitsi ja Tanska.

Ruotsissa ERTMS:ää rakennetaan vanhenevan kulunvalvontajärjestelmän korvaamiseksi ja järjestelmä on otettu käyttöön jo osalla rataosuuksista. Ruotsissa on myös paljon vähäliikenteisiä ratoja, joissa ei ole ollut tähän mennessä kattavaa turvalaitejärjestelmää. Näille rataosuuksille Ruotsi on kehittänyt ERTMS-tasosta 3 omaa kustannustehokasta sovellusta ERTMS Regional.

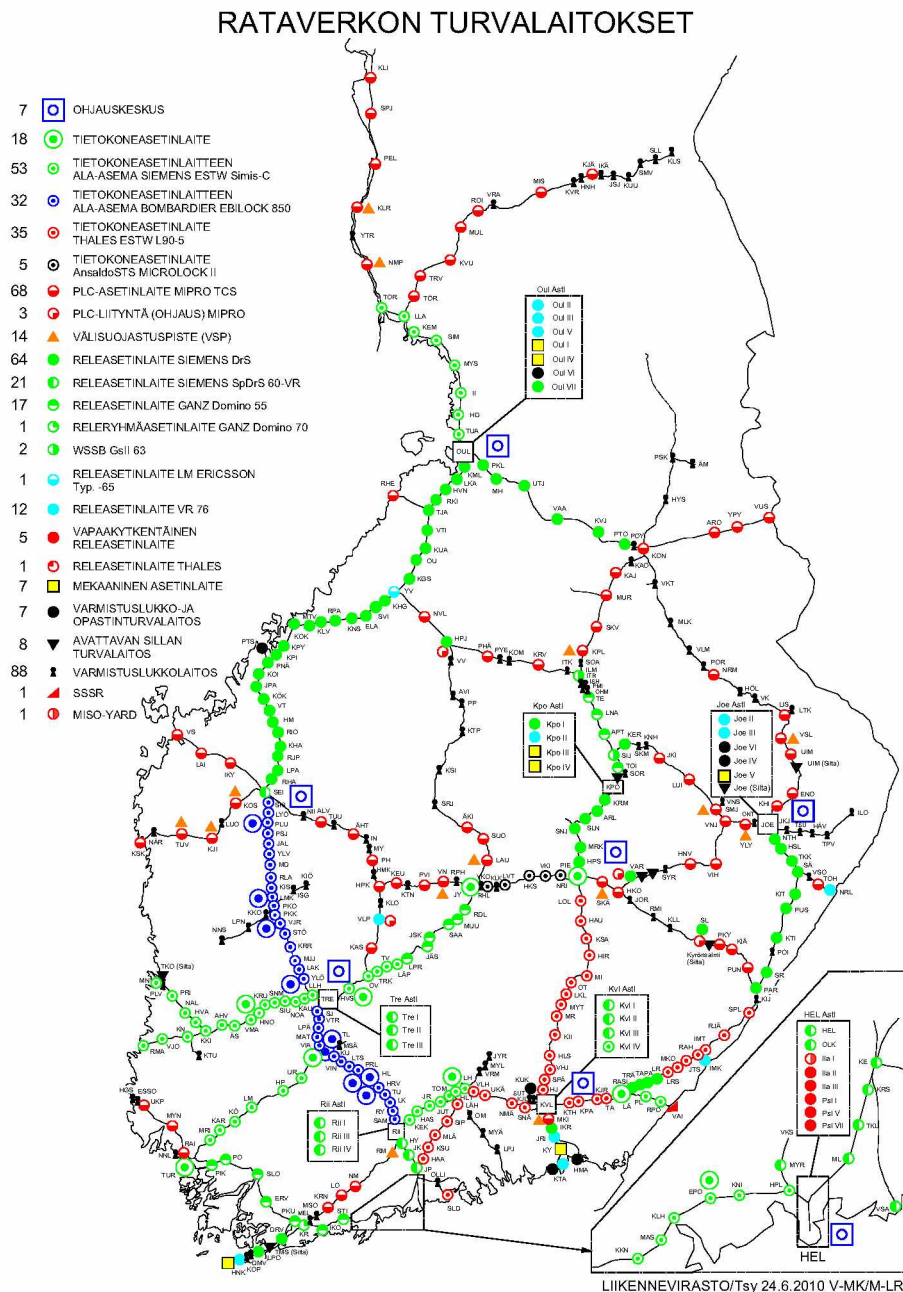
Espanjassa rakennetaan vauhdilla suurnopeusrataverkkoa, mikä on yhtenä syynä ERTMS:n nopean käyttöönottoon.

Sveitsissä on ERTMS:n kehityksen alkuaajoista lähtien panostettu kehitystyöhön ja pilottiosuuksiin. Sveitsissä rautatieliikenteen osuus henkilö- ja tavaraliikenteestä on suurempi kuin muualla, rataverkkoon on myös investoitu kilometriä kohden enemmän kuin Suomessa. Sveitsin tavoitteena on avata turvalaitejärjestelmällä pullonkauloja sekä korvata vanheneva kulunvalvontajärjestelmä.

Tanskassa rataverkon kunto on päässyt rapistumaan vuosien ajan kertyneen korjausvelan seurauksena. Viime vuosien aikana on tehty päätös rataverkon korjaamisesta kunnolliselle tasolle kerralla. Työ pitää sisällään myös turvalaitejärjestelmän täydellisen uusimisen, samalla rataverkko varustetaan kokonaan ERTMS-tekniikalla haasteellisella aikataululla.

3 Suomessa käytössä olevat asetinlaite-tyypit

Suomessa käytössä olevat asetinlaitteet ovat hyvin erilaisia ja pitkän ajan kuluessa rakennettuja (kuva 6). Asetinlaitteiden tekniset ominaisuudet ja vaatimukset ovat ajan saatossa kehittyneet siten, että käytössä olevien asetinlaitteiden tekniikka vaihtelee huomattavasti, mikä on huomioitava myös RBC-rajapinnan toteutuksessa, jos sellainen tulee ajankohtaiseksi. Asetinlaitteet voidaan jakaa toimintaperiaatteiltaan ns. vapaakytkentäiseen sekä ryhmien tai moduulien perusteella rakennettuun asetinlaitteisiin. Molempia on toteutettu sekä releasetinlaitteina että tietokonepohjaisena sovelluksena, jossa ryhmiä edustaa samana toistuvat ohjelmistokomponentit. Tässä työssä tarkastellaan ERTMS-tason 2 kannalta tärkeimpiä asetinlaitetyyppejä sekä niitä asetinlaitteita, jotka ovat sellaisella rataosuudella, jolle ERTMS-taso 2 saattaisi olla varteenotettava vaihtoehto.



Kuva 6. Suomessa käytössä olevat asetinlaitteet.

3.1 Vapaakytkentäinen releasetinlaite

Vapaakytkentäisessä releasetinlaitteessa kaikki kytkennät suunnitellaan yksittäisten releiden avulla. Jos asetinlaitteeseen tehdään muutoksia, niiden vaikutukset on tarkastettava koko asetinlaitteeseen, sillä muutosten vaikutusta ei voi rajata vain muutokseen.

Vapaakytkentäisiä asetinlaitteita on Suomessa muutamia erityyppisiä, mutta kaikkien perusperiaate on sama. Tällaisia asetinlaitteita ovat mm. Siemensin DrS-asetinlaite sekä sen periaatteella tehtyjä joitakin yksinkertaistettuja vapaakytkentäisiä asetinlaitteita. Vapaakytkentäisiä asetinlaitteita on nykyään käytössä usealla liikennepaikalla, joista ERTMS:n kannalta tärkeimpänä voisivat olla seuraavat:

- (Seinäjoki)–(Oulu) pois lukien Ylivieska
- (Oulu)–(Kontiomäki)
- (Pieksämäki)–(Kuopio)
- Parikkala–(Joensuu)
- (Luumäki)–Lappeenranta

Myös Pasilassa on käytössä releasetinlaitteita, mutta nämä ovat sellaisilla alueilla, että ERTMS-taso 2 ei ole tarpeen. Mainituista rataosuuksista tiheimmin liikennöity ja siten todennäköisin vapaakytkentäisellä releasetinlaitteella varustettu rataosuuks, jolle ERTMS-taso olisi tarpeen, on Seinäjoki–Oulu. Tämä vaatisi tosin ensin kaksoisraiteen rakentamista kyseiselle välille, nyt kaksoisraiteen rakentamista on suunniteltu ainoastaan välille Kokkola–Ylivieska. Luumäki–Imatra-rataosuuden välityskyvyn parantamista kaksoisraiteen rakentamisella myös harkitaan parhaillaan päivitettyssä hankearvioinnissa.

Muutostyöt vapaakytkentäisiin asetinlaitteisiin ovat mahdollisia ja periaatteessa niistä on mahdollista saada kaikkien releiden tilatiedot rajapintaan kytkentöjä muuttamalla. Muutokset ovat samalla kuitenkin haastavia tehdä, erityisesti jos vapaakytkentäisessä asetinlaitteessa on useita kulkuteitä. Todennäköistä on, että asetinlaite on myös uusittava, jos on tarvetta tehdä suurempia muutoksia, vaikka RBC:n rajapinnan liittäminen onnistuisikin.

3.2 Releryhmäasetinlaite

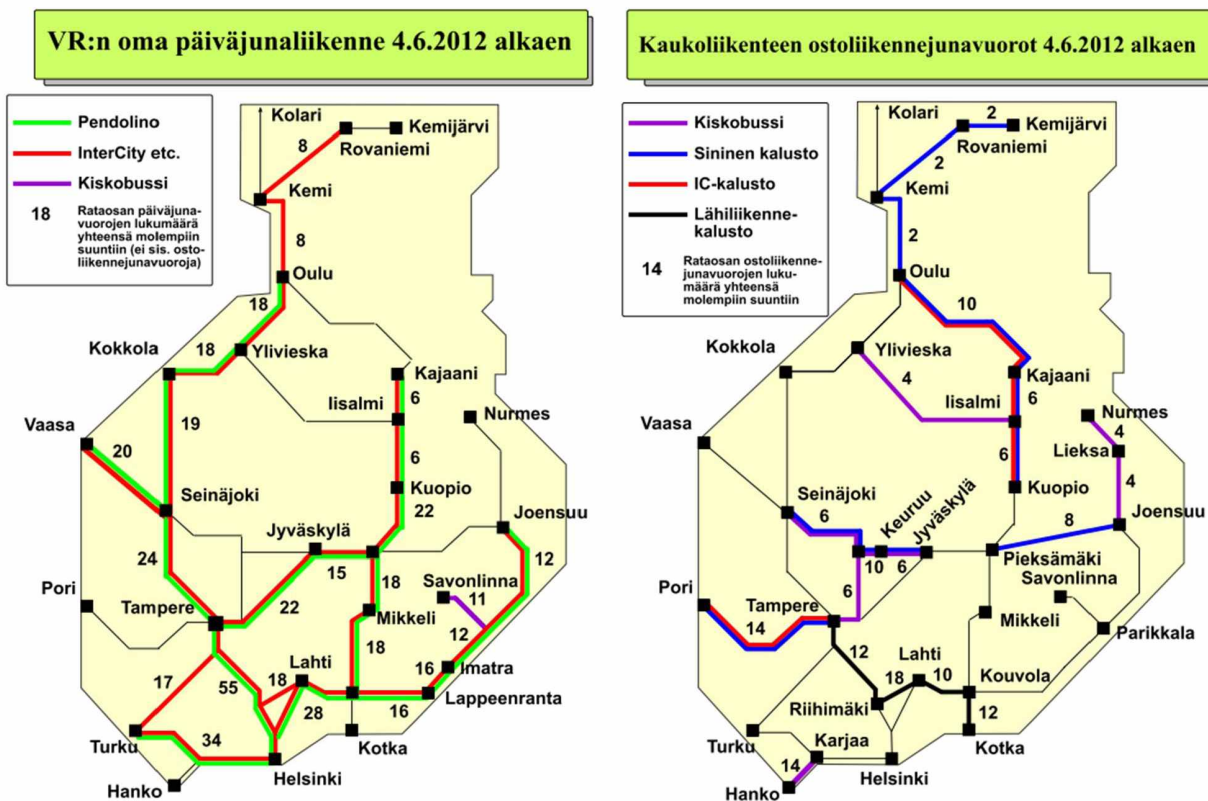
Releryhmäasetinlaitteessa yksittäisen elementin toiminnot voidaan toteuttaa yhdellä releryhmällä. Esimerkiksi vaihdetta ja sen toimintoja varten on muodostettu releistä releryhmä, joka voidaan kytkeä rajapinnassa muihin elementteihin. Yhden releryhmän toiminnot ovat samanlaisia, joten toiminnoiltaan testattua releryhmää voidaan "monistaa" muille samanlaisille elementeille ilman, että jokaista tarvitsee testata erikseen. Tämä helpottaa muutosten tekemistä siten, että muutosten vaikutusalue voidaan rajata releryhmien rajapintoihin, jos releryhmien sisäiseen toimintaan ei tarvitse koskea. Toisaalta suljetut releryhmät rajoittavat mahdollisuuksia saada asetinlaitteelta tietoja radiosuojastuskeskuksen rajapintaa varten. Kaikkia tarvittavia tietoja ei käytännössä saada ulos, joten tarvittavaa logiikkaa on rakennettava asetinlaitteen rajapintaan liityntätietokoneeseen tai se on toteutettava RBC:ssä.

Suomessa on käytössä merkittävän paljon releryhmäasetinlaitteita ja ne sijoittuvat pääosin juuri tiheimmin liikennöidyille rataosuuksille. Releryhmäasetinlaitteen modulaarisuuden vuoksi asetinlaite on soveltunut hyvin isoille ratapihoille ja sillä on pitkä käyttöikä, kunhan releryhmät huolletaan säännöllisesti. Merkittävimmät rataosuudet ja liikennepaikat, joissa on releryhmäasetinlaitteita, ovat:

- Pasila–Riihimäki
- (Huopalahti)–Vantaankoski
- Seinäjoki
- Tampere
- Kouvola

Edellä luetelluista rataosuuksista tiheimmin liikennöityjä ovat Pasila–Riihimäki, Huopalahti–Vantaankoski, Seinäjoki ja Tampere. Kuvassa 7 esitetty junatarjonnan määrä henkilöliikenteen kaukoliikenteessä kuvaa hyvin rataosuuksien suhteellista käyttöastetta. Tämän lisäksi itäosassa Suomea puuteollisuuden kuljetukset Venäjältä ovat merkittäviä ja Länsi-Suomessa vastaavasti satamien kuljetukset.

Kaukojunaliikenne 4.6.2012 alkaen



Kuva 7. Kaukoliikenteen junatarjonta rataosuuksittain.

Kaksi- tai useampiraiteisia rataosuuksia näistä ovat tällä hetkellä Pasila–Riihimäki sekä Huopalahti–Vantaankoski, joista jälkimmäinen on pelkästään henkilöliikenteelle. Nämä rataosuudet voisivat olla sellaisia, joissa ERTMS-tasosta 2 olisi eniten hyötyä ja RBC-rajapinta saattaisi tulla tarpeeseen vanhaan releryhmäasetinlaitteeseen.

3.3 Tietokoneasetinlaite

Tietokoneasetinlaitteissa sekä turvalogiikoilla toteutetuissa asetinlaitteissa toiminnallisuus on toteutettu ohjelmallisesti. Ohjelmistojen periaatteissa on myös eroja vastaavasti, kuten vapaakytkentäisessä asetinlaitteessa ja releryhmäasetinlaitteessa. Tietokoneasetinlaitteeseen rajapinnan toteuttaminen ei kuitenkaan onnistu vastaavalla tavalla, vaan tarvittavat tiedot on ohjelmoitava erikseen rajapintaa varten. Tämän vuoksi rajapinnan toiminnallisia vaatimuksia suunniteltaessa on huomioitava asetinlaitteen ominaisuudet ja olemassa olevien rajapintojen yli välitettävät tiedot, jotta muutokset ja muutuskustannukset voidaan pitää mahdollisimman vähäisinä.

Erityisesti vanhojen tietokoneasetinlaitteiden osalta muutostyöt RBC:n liittämiseksi voivat olla hankalia. Kyseisten asetinlaitteiden muutokset vaativat ohjelmisto- ja järjestelmäosaamista, joita ei välttämättä ole enää saatavilla tai se on hyvin kallista. Tällaisissa tapauksissa ratkaisuna saattaa olla erillisen liityntätietokoneen käyttö RBC:n ja asetinlaitteen välissä. Liityntätietokone sovittaisi järjestelmät yhteen ja muodostaisi RBC:n tarvitsemat tiedot asetinlaitteelta saatavissa olevista tiedoista. Mahdollista voi olla myös määritellä tämäntyyppiset toiminnot osaksi RBC:n toimintoja. Toteutetaanpa muutokset kummalla tavalla tahansa, ne tulevat kalliiksi. Kokeuksena on, että ohjelmistojen muuttaminen vaatii laitetoimittajan omaa osaamista ja sitä ei voida paikallisen kunnossapitäjän tai muun ylläpitäjän toimesta muuttaa. Lisäksi muutosten tarkastuksissa vaatimusten soveltaminen tällaiseen isoon muutokseen voi olla hankalaa, koska vanhojen laitteiden muutoksia ei voi tarkastaa kuin soveltuvilta osin. Tämän vuoksi saattaa olla helpompaa rakentaa muutokset erilliseen koneeseen, joka on suunniteltavissa, rakennettavissa ja tarkastettavissa nykyisten standardien mukaisesti.

3.4 Suojastusjärjestelmä

Suojastusjärjestelmä on itsenäinen relejärjestelmä, jolla toteutetaan liikennepaikkojen välisillä linjaosuuksilla automaattisesti kulkuteiden varmistaminen suojastuksen liikennesuunnan mukaisesti. Rataosuuksilla, joilla liikennepaikkojen turvalaitteet ovat asetinlaitteiden hallinnassa, mutta asetinlaitteen ohjaama alue ei ulotu liikennepaikkojen välille, on linja yleensä varustettu suojastusjärjestelmällä.

Itsenäisen suojastusjärjestelmän tekniikka on hajautettu linjalle ja tarvittavien tietojen saaminen rajapintaan on käytännössä erittäin hankalaa. Tällaisessa tapauksessa turvalaitejärjestelmä on uusittava kokonaan.

Jos suojastusjärjestelmänä on käytössä Siemensin Zentralblock-suojastus, rajapinta saattaa olla toteutettavissa, koska järjestelmän ohjauslogiikka on keskitetysti asetinlaitetilassa. Tällaisia rataosuuksia ovat tiheästi liikennöidyt rataosuudet Helsinki–Riihimäki-välillä sekä Vantaankosken radalla. Tarvittavat tiedot ajoluvan laskemiseksi olisi tällöin saatava järjestelmästä RBC-rajapintaan.

4 GSM-R

GSM-R-verkko tarkoittaa GSM-verkkoa, josta on varattu oma taajuuskaista rautateiden viestintä- ja ohjauskäyttöön. Suomessa on rakennettu puheviestinnän tarpeisiin koko maan kattava GSM-R-verkko, jolla on korvattu vanha analoginen junaradio. Kyseistä radioverkkoa ei voida kuitenkaan käyttää turvalaitteiden tarpeisiin, vaan radioverkkoa tarvitsee tältä osin päivittää turvallisuus- ja käytettävyyksivaatimusten vuoksi ennen kuin käyttö on mahdollista.

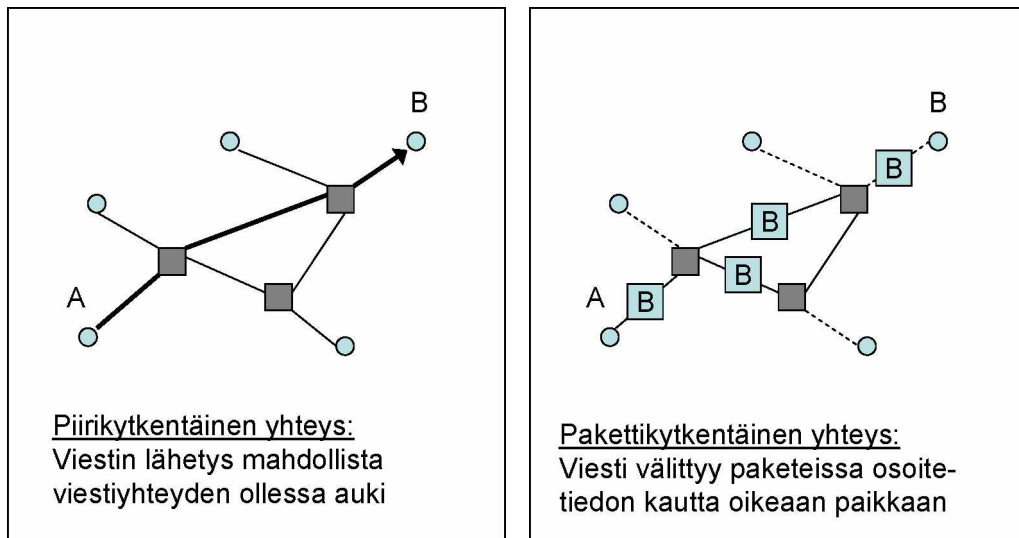
4.1 Piiri- ja pakettikytkentäinen yhteys

Nykyinen GSM-R-verkko on toteutettu piirikytkentäisenä. Kyseisellä tekniikalla toteutettuna yhteys on ns. yhteydellinen yhteys, jossa yhteys on muodostettava lähettäjän ja vastaanottajan kesken ennen kuin yhtään viestiä voidaan lähettää. Piirikytkentäinen tekniikka on kehittynyt perinteisestä puhelinyhteydestä. Lähettäjän ja vastaanottajan välillä oleva yhteys on käytännössä pois viestiyhteyden toimittajan siirtokapasiteetista, joten laskutus perustuu avoimena olevaan yhteyteen, vaikka yhtäkään viestiä ei lähetettäisi.

GSM-R:n ensimmäiset järjestelmämäärittelyt valmistuivat vuonna 2000, jolloin kehitystä oli tehty jo useita vuosia. Kehitystyö oli lähtenyt silloisesta tekniikasta, joka perustui piirikytkentäiseen tekniikkaan. Valmistuessaan järjestelmämäärittelyt perustuivat kuitenkin käytännössä jo vanhentuneeseen tekniikkaan, koska kehitystyö oli kestänyt niin pitkään. Jo tuolloin puhuttiin taustalla pakettikytkentäisen tekniikan paremmuudesta ja keskustelu asiasta on vain kiihtynyt. UIC selvittää asiaa ja mahdollisuuksia teknisten periaatteiden vaihtamiseksi mietitään koko ajan. Suomi ei ole Markku Voutilaisen mukaan tässä asiassa aktiivisesti mukana, vaikka seuraakin kehitystä muiden asioiden ohella.

Pakettikytkentäinen yhteys perustuu datapaketteihin. Lähetettävät viestit pilkotaan ennalta määrätyn kokoiisiin paketteihin, joihin sisältyy tunnistetieto paketin vastaanottajasta. Viesti voidaan lähettää verkkoon paketteina ja paketit löytävät oikean vastaanottajan niissä olevan osoitetiedon perusteella. Vastaanottaja pystyy kokoamaan alkuperäisen viestin paketeista tunnettujen periaatteiden mukaisesti. Pakettikytkentäisessä verkossa yhteys on varattuna ainoastaan paketin siirtämiseen käytetyn ajan verran. Toisaalta siirtoyhteyden saamiselle ei ole enää varmuutta, kun verkko saattaa olla kapasiteetiltaan kuormitettuna juuri silloin, kun lähettäjä haluaisi lähettää paketin verkkoon. Tunnetuin esimerkki pakettikytkentäisestä tekniikasta lienee internetin perustana toimiva IP-protokolla.

Piirikytkentäisen ja pakettikytkentäisen verkon suurin ero aiheutuu niiden varaamasta siirtokapasiteetista (kuva 8). Piirikytkentäinen yhteys varaa siirtoyhteyden koko ajaksi, kun pakettikytkentäisessä verkossa pystytään lähettämään enemmän dataa samalla kapasiteetilla. Teknisesti paljon parempi ratkaisu olisi pakettikytkentäinen radioverkko, koska turvalaitteiden vaatima tiedonsiirtokapasiteetti on hyvin suuri verrattuna puhekäyttöön tarkoitettuun radioyhteyteen.



Kuva 8. Piiri- ja pakettikytkentäisen yhteyden ero.

4.2 Turvalaitteiden vaatima radioyhteys

Turvalaitteiden vaatima tiedonsiirto edellyttää yksinkertaistettuna ratalaitteiden kulutietojen ja muiden tietojen välittämistä veturilaitteille sekä veturilaitetietojen välittämistä turvalaitteille. Turvalaitteiden mukainen tiedonsiirto edellyttää käytettävyyden vuoksi suhteellisen varmaa radioyhteyttä sekä paljon suurempaa kapasiteettia. Toisaalta pakettikytkentäisen tekniikan käyttöönotto turvalaitetarkoitukseen ei ole aivan yksinkertaista, koska tämän tyyppisen verkon vika- ja ruuhkatilanteet aiheuttavat pakettien monistumista tai katoamista, jolloin vastaanottaja ei voi koota viestiä oikein. Turvalaitteiden tiedonsiirtoyhteyksissä on kuitenkin kriittisiä sanomia, kuten hätätilanteessa vaaditut hätäpuhelut ja Seis-komennon antaminen. Näiden perille meno on varmistettava priorisoimalla viestit, jos käytettävissä oleva kapasiteetti on ruuhkainen.

Nykyinen piirikytkentäinen verkko Suomessa on suunniteltu puhekäyttöön. Hankinnoissa ei juuri mitenkään huomioida ERTMS-tason 2 vaatimuksia radioverkkoon, koska ERTMS-tason 2 käyttöönotto on komponenttien elinkaarta ajatellen hyvin kaukana tulevaisuudessa. Ainoastaan uusia ratoja suunniteltaessa varaudutaan päivittämään suunnitelmia ERTMS-tasoon 2.

Teknisesti parempi ratkaisu nykyiseen verrattuna olisi pakettikytkentäinen radioverkko. Pakettikytkentäiseen ratkaisuun vaihtaminen aiheuttaisi tässä vaiheessa kuitenkin merkittäviä kustannuksia radioverkon päivittämisessä, ei vain Suomessa vaan myös muualla Euroopassa, joten päätöksiä pakettikytkentäiseen tekniikkaan ei ole vielä haluttu tehdä. Asia on kuitenkin jatkuvasti puheissa ja tämän vuoden TEN-T-rahoitusohjelmassa pakettikytkentäistä GSM-R-tekniikkaa käyttävät projektit onkin erikseen mainittu mahdollisina rahoituskohteina. Kyseisen tekniikan käyttöönottoa halutaan edistää, koska se on käytännön edellytys ERTMS-tason 2 käyttöönotolle. Huomioitavaa kuitenkin on, että GSM-R-tiedonsiirtoyhteys on eurooppalaisittain standardisoitu, joten maakohtaisia ratkaisuja ei voida tehdä. Standardin muuttaminen on iso prosessi ja saattaa muodostua muutoksen esteeksi, koska Euroopassa on investoitu paljon nykyisen standardin mukaiseen GSM-R-verkkoon.

5 Esimerkkirataosuuksia

ERTMS-tason 2 hyödyt tulevat olemaan suurimmat tiheästi liikennöidyillä rataosuuksilla, muualla investointikustannusten hyödyt eivät ole riittävän suuret. Käytännössä tällaisia rataosuuksia ovat pääkaupunkiseudun tiheästi liikennöidyt lähiliikenneraiteet sekä mahdollisesti merkittävimmät rataosuudet pääradalla. ERTMS-tasosta 2 ei kuitenkaan ole hyötyä suuremmilla ratapihoilla, jossa raiteiston käyttö, vaihtotyöt, vaihdetyypit ja GSM-R-verkolta vaadittava kapasiteetti rajoittavat ERTMS-tason 2 hyötyjä. ERTMS-tasoa 2 voidaan kuitenkin tällöinkin käyttää läpikulkuraiteilla, jos rajat tasojen 1 ja 2 välillä ovat selkeät eikä rajakohtia tarvitse olla useita. Kuvassa 9 on esitetty esimerkkirataosuudet, joilla on seuraavien 10 vuoden aikana mahdollisesti tarpeen uusia tai muuttaa turvalaitejärjestelmää, jolloin kannattaa harkita samassa yhteydessä siirtymistä ERTMS-tekniikkaan.

Kunkin rataosuuden kohdalla on arvioitu erikseen ERTMS-tason 2 hyötyvaikutuksia ja kannattavuutta toteuttaa RBC-rajapinta asetinlaitteeseen.

1. Kouvola–Kotka/Hamina

Kouvola–Kotka/Haminan rataosuuden liikenne muodostuu pääasiassa Kotka/Hamina-sataman liikenteestä. Rataosuudella olevat turvalaitejärjestelmät ovat vanhoja ja tyypiltään vaihtelevia. Osuudella on esim. releasetinlaite, varmistuslukko- ja opastinturvalaitos sekä mekaaninen asetinlaite. Kouvola–Kotka/Haminan asetinlaitteiden uusimistarve ajoittuu vuosille 2015–2017.

Vanhat turvalaitejärjestelmät ovat niin erilaisia ja niiden logiikka yksinkertainen verrattuna ERTMS-tason 2 vaatimaan tasoon, että nykyisiin turvalaitteisiin ei kannata missään tapauksessa harkita toteutettavaksi asetinlaite-RBC-rajapintaa. Rataosuuden kapasiteettivaatimukset ovat satamaliikenteestä johtuen suhteellisen pienet. Lisäksi junilta vaadittu täsmällisyys ei ole yhtä korkealla tasolla kuin henkilöliikenteessä. Tästä johtuen ERTMS-tasoa 2 ei kannata rataosuudelle rakentaa, vaikka rajapintavaatimukset voidaan halutessa huomioida asetinlaitehankinnassa. Todennäköistä kuitenkin on, että seuraavakin asetinlaite tulee käyttöikänsä päähän ennen kuin ERTMS-tasolle 2 tulee tarvetta.

2. Parikkala–Joensuu

Parikkala–Joensuu-rataosuudella on Suomen olosuhteisiin nähden merkittävästi henkilöliikennettä. Lisäksi rataosuudella on tavaraliikennettä erityisesti metsäteollisuuden tarpeita varten. Kyseinen rataosuus on yksiraiteinen, joten ERTMS-tasosta 2 ei ole merkittävää hyötyä. Eniten hyötyä tasosta 2 on 2- tai useampiraiteisella radalla, jossa voidaan hyödyntää junien peräkkäinajoa.

Nykyiset asetinlaitteet ovat Siemensin releasetinlaitteita, joihin rajapinta on toteutettavissa. Parikkala–Joensuu-välin uusimisaikataulu ajoittuu vuosille 2015–2017. Uusimisaikataulun ja rataosuuden yksiraiteisuuden vuoksi ERTMS-taso 2 ei kuitenkaan kannata rakentaa. Kyseinen rataosuus voisi kuitenkin toimia testiosuutena siten, että osa radasta olisi varustettu kaksoisvarustuksella JKV:n kanssa ERTMS-tasolla 1 ja/tai 2.

3. Kokkola–Ylivieska

Kokkola–Ylivieska-rataosuus kuuluu tiheimmin liikennöityyn päärataverkkoon Helsinki–Oulu-välillä. Kyseinen rataosuus on tällä hetkellä yksiraiteinen, mutta rahoitus on varmistunut kaksoisraiteen rakentamiseksi. Samassa yhteydessä parannetaan nykyisen raiteen ominaisuuksia nostamalla suurinta sallittua nopeutta ja akselipainoa. Myös turvalaitteita uusitaan tai rakennetaan uudestaan, koska vaihteiden ja liikennepaikkojen määrä muuttuu.

Kyseinen rataosuus voisi myös olla mahdollinen pilottiosuus ERTMS-tasolle 1 ja/tai 2. Hankkeen valmistuminen ajoittuu vuodelle 2017.

4. Helsingin asetinlaite

Helsingin liikennepaikan pullonkaulan purkamisesta ja liikennehäiriöiden poistamisesta on tehty useita selvityksiä. Viimeisimmän selvityksen tuloksena, jonka Liikennevirasto teetti selvitysmiehen avulla, todetaan Helsingin asetinlaitteen uusimistarve /1/. Kyseisellä liikennepaikalla on erittäin haastavaa toteuttaa raiteistomuutoksia ja muita ratatöitä, joten uusiminen ajoittuu vasta vuosille 2017–2022. Tällöin on hyvin todennäköisesti huomioitava myös ERTMS:n tarpeet turvalaitejärjestelmässä, koska kaluston varustamisen ERTMS-laitteilla pitäisi edetä tämän vuosikymmenen loppupuolella.

Suunnittelun yhteydessä on syytä miettiä, varustetaanko rata ERTMS:llä, perinteisellä JKV:lla vai molemmilla järjestelmillä. Helsingin asetinlaitteen hallinnassa olevalla raiteistolla raiteen suurimmat nopeudet ovat 80 km/h, jolloin tasosta 2 ei ole suurta hyötyä. Suurimmaksi kynnyskysymykseksi voi kuitenkin tulla GSM-R-verkon kapasiteetti näin isolla ratapihalla. Kyseisellä alueella liikkuvien junien määrä on niin suuri, että tarvittavan tiedonsiirtoyhteyden kapasiteetin rakentaminen sekä turvallisuuden että käytettävyyden kannalta saattaa osoittautua liian kalliiksi. Tällä hetkellä suositukseksi voi sanoa, että ERTMS- taso 1 olisi Helsingin liikennepaikalle paras vaihtoehto ERTMS:n tasoista.

5. Luumäki–Imatra

Luumäki–Imatra-rataosuuden turvalaitteiden uusiminen ajoittuu vuosille 2019–2023. Liikenne on hyvin samantyyppistä Parikkala–Joensuu-rataosuuteen verrattuna. Kyseessä on myös yksiraiteinen rataosuus. Alueellista kehitystä ollaan kuitenkin ajamassa eteenpäin ja tällä hetkellä hankearviointeja kaksoisraiteen rakentamiseksi ollaan päivittämässä. Tavoitteena on nostaa alueen kilpailukykyä teollisuuden ja asutuksen kannalta sekä lisätä lähiliikennettä, sillä yksiraiteinen rataosuus sekaliikenteelle toimii pullonkaulana liikenteen lisäämiselle. Varsinaista päätöstä hankkeen etenemisestä ei kuitenkaan ole tehty.

Kyseisellä rataosuudella on kahta eri asetinlaitetyyppeä, vanhempaa Siemensin releasetinlaitetta sekä uudempaa Thalesin tietokoneasetinlaitetta. Asetinlaitteiden uusiminen ajoittuisi samaan yhteyteen kaksoisraiteen rakentamisen kanssa ja samalla olisi myös harkittava, voidaanko nykyisiä asetinlaitteita jollain tavalla hyödyntää. Kaksoisraiteen rakentaminen parantaa huomattavasti kyseisen rataosuuden kapasiteettia, joten on kyseenalaista, tuoko ERTMS taso 2 enää lisää hyötyjä kustannuksiin nähden. Todennäköisesti kannattavampaa on varustaa rataosuus ERTMS tasolla 1.

6. Espoon alueasetinlaite

Espoon alueasetinlaite on Siemensin SIMIS C -asetinlaite, joka hallinnoi useamman liikennepaikan asetinlaitteen ala-asemaa Espoon rantaradalla Kirkkonummelle asti. Espoon alueasetinlaitteen uusimista ei ole tässä vaiheessa suunniteltu, vaan asetinlaitteen käyttöikä on vielä jäljellä. Uusimista kannattaa harkita samassa yhteydessä, jos rata on varustettava ERTMS-tekniikalla.

Liikenne rantaradalla Espoon alueasetinlaitteen alueella koostuu enimmäkseen lähiliikenteestä sekä rantaradan kaukoliikenteestä. Lisäksi kyseisellä rataosuudella liikennöi jonkun verran tavaraliikennettä. Kyseinen rataosuus on kaksiraiteinen, joten ERTMS-tasosta 2 olisi hyötyä, lisäksi se toisi kapasiteettia lisää lähiliikenteeseen. Espoon alueasetinlaitteen alueella ei myöskään ole sellaisia ratapihoja, joilla tehtäisiin vaihtotöitä. Espoon alueasetinlaitteeseen RBC-rajapinnan toteuttaminen saattaa tulla todennäköisimmin tarpeeseen vanhoista asetinlaitteista.

7. Myyrmäen asetinlaite

Myyrmäen asetinlaite hallinnoi Vantaankosken rataa Huopalahdesta eteenpäin. Vantaankosken radan liikenne koostuu pelkästään lähiliikenteestä. Kyseinen rataosuus on kaksiraiteinen. Lähiliikenteen vuoroväli on 10 min ja kaikki junat pysähtyvät kaikilla asemilla. Vantaankosken rata tulee Kehäradan valmistumisen jälkeen yhdistymään päärataan Tikkurilan pohjoispuolella. Tämä ei kuitenkaan muuta liikennöinti-periaatteita, sillä liikenne pysyy samankaltaisena. Ainoastaan vuoroväli saattaa tihtentyä, jos radan välityskyky siihen taipuu.

Myyrmäen asetinlaitteen uusimista harkittiin, kun Vantaankosken rataa uusitaan ja perusparannetaan ennen Kehäradan valmistumista. Uusimista ei kuitenkaan päätetty tehdä, koska asetinlaitteella on edelleen käyttöikä jäljellä ja se on toiminut luotettavasti.

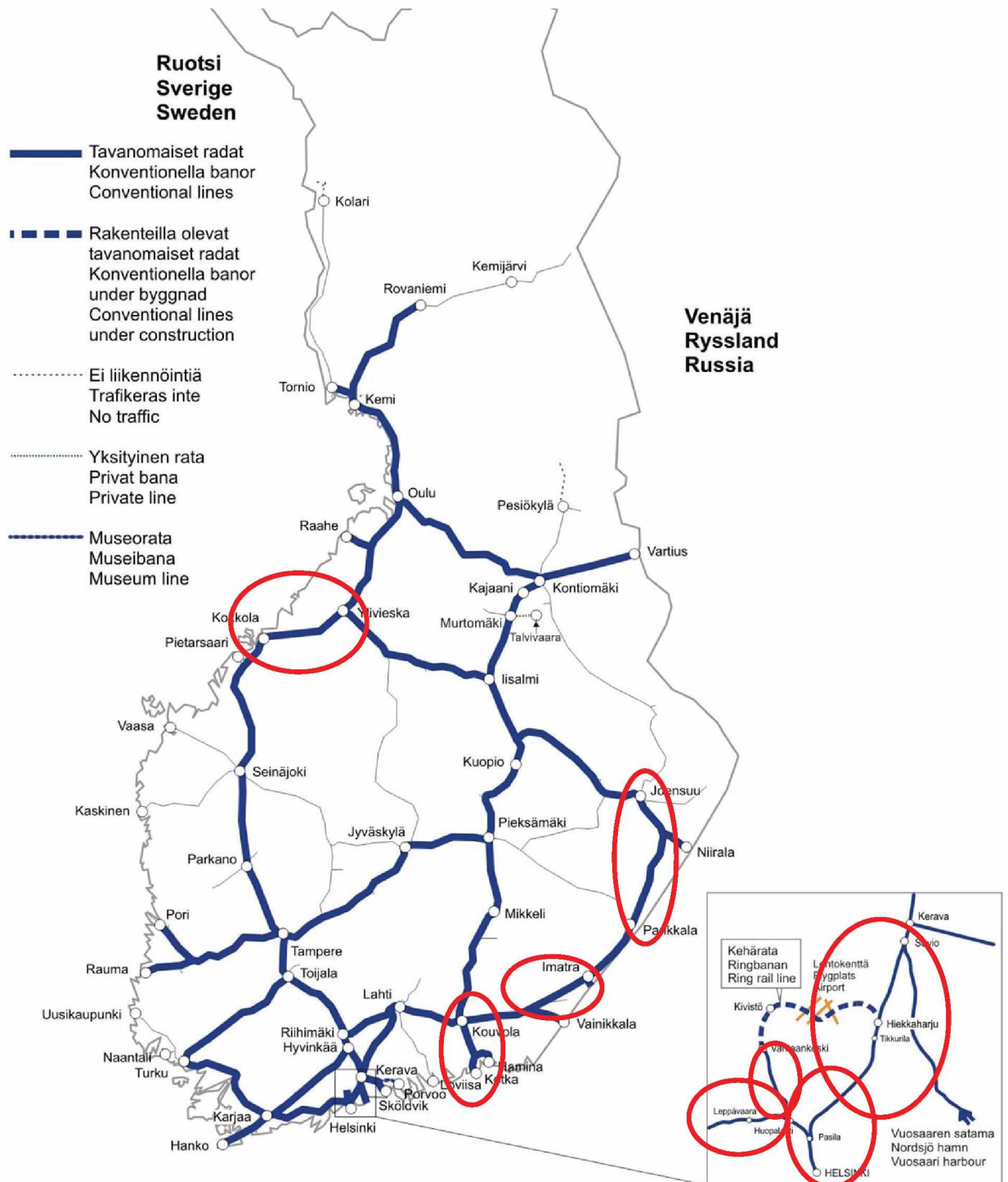
Kehäradan rakentaminen ja matkustajamäärän lisääntyminen radan varrella olevien työpaikka- ja asumiskeskittymien sekä lentokenttämattkustajien vuoksi aiheuttaa paineita kapasiteetin lisäämiseen. Perinteinen turvalaitetekniikka suojaväleihin jaetuna mahdollistaa teoriassa kuitenkin enintään 6 minuutin vuorovälin. Mahdollisten häiriötilanteiden hoidon vuoksi teoreettista minimiä ei kuitenkaan kannata ottaa käyttöön kevyin perustein. Kyseinen rataosuus voisi hyvin soveltua ERTMS-tason 2 järjestelmälle, jolloin asetinlaitteen ja RBC:n rajapinta olisi toteutettava. Tasoa 2 valittaessa olisi myös huomioitava mahdollinen Kehäradan varustaminen ja kapasiteettimahdollisuudet.

8. Pasila–Kerava

Pasila–Kerava välillä toimii 6 Siemensin releryhmäasetinlaitetta liikennepaikoilla Helsinki (Pasila osa kyseistä liikennepaikkaa), Oulunkylä, Malmi, Tikkurila, Korso ja Kerava. Kyseistä rataosuutta kannattaa kuitenkin ajatella kokonaisuutena. Pasila–Kerava-rataosuus on vilkkaimmin liikennöityä osuutta pääradasta, jossa lisäkapasiteetti varmasti mahdollistaisi lisää junia ja/tai häiriötilanteiden paremman hallinnan.

Asetinlaitteilla on kuitenkin edelleen käyttöikä jäljellä, joten mahdollisen ERTMS-tason 2 rakentamisen yhteydessä RBC-rajapinta vanhoihin asetinlaitteisiin saattaisi olla tarpeen. Samassa yhteydessä on kuitenkin huomattava, että ERTMS-tason 2

rakentamisen esteeksi saattaa edelleen muodostua GSM-R-verkon tarjoama kapasiteetti kohtuullisilla kustannuksilla, ellei tiedonsiirtoyhteyden tekniikkaa muuteta tehokkaammaksi pakettikytkentäiseksi ratkaisuksi.



Kuva 9.

Seuraavaksi uusittavat tai muutettavat asetinlaitteet. Uusimisen yhteydessä kannattaa harkita ERTMS tason 2 -tekniikan käyttöönotto.

6 Vaatimusmäärittelyt

ERTMS:n kannalta yhteentoimivuuden vaatimukset koskevat liikkuvan kaluston ja ratalaitteiden rajapintaa. Vaatimusmäärittelyjen noudattaminen on pakollista käytännössä vain tältä osin, kun vaatimukset vaikuttavat tähän yhteentoimivuuteen. Nämä rajapinnat on pyritty määrittelemään ainakin toiminnallisuuden kannalta tarkkaan. RBC:n osalta on tarkasti määritelty vain RBC:n ja veturilaitteiden rajapinta.

Tässä työssä käsitellään erityisesti rajapintaa kahden järjestelmän välillä, jotka molemmat ovat ns. ratalaitejärjestelmiä. Asetinlaitteen ja RBC:n välisiä rajapinta-vaatimuksia ei käytännössä ole vielä olemassa kansainvälisesti, kunhan tasojen 1 ja 2 toiminnalliset vaatimukset voidaan toteuttaa. UIC:n ylläpitämä INESS-projekti, jonka avulla edistetään turvalaitejärjestelmien kehitystä siten, että ERTMS:n käyttöönotto helpottuu, on päättynyt. Projektin tavoitteet olivat /2/:

- ERTMS:n käyttöönottostrategioiden edistäminen ja taloudellisten menetelmien kehittäminen ERTMS:ään siirtymisen avuksi.
- Tiedostomuotojen, tiedonsiirron, suunnittelutyökalujen ja järjestelmäarkkitehtuurien harmonisointi.
- Asetinlaitteiden kaikille maille yhtenäisten toiminnallisten vaatimusten standardisointi.
- ERTMS tasojen 2 ja 3 vaikutusten tunnistaminen toiminnalliseen arkkitehtuuriin huomioiden asetinlaite ja siihen liittyvät järjestelmät.
- Turvalaitejärjestelmien testaukseen ja käyttöönottoon tarvittavien työkalujen kehittäminen.
- CENELEC-standardin mukaisten turvallisuusperustelujen (safety case) tehokkaan soveltamistavan kehittäminen.

INESS-projektista saatavia tuloksia voidaan ja kannattaa soveltuvin osin hyödyntää myös RBC:n rajapintaa toteutettaessa vanhaan asetinlaitteeseen, vaikka projekti sisältääkin vain uusien asetinlaitteiden tarkastelun. Nykyisellään vaatimusmäärittelyjen puuttuminen tekee kuitenkin infranhaltijan kannalta haastavaksi järjestelmien rakentamisen, koska tekniset ja toiminnalliset vaatimusmäärittelyt on joka kerta ratkaistava uudestaan. Infranhaltijan kannattaa pyrkiä pitämään muutokset sovelluskohteesta riippuen mahdollisimman samantyyppisinä, mikä helpottaa suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa.

Mualla Euroopassa saattaa olla tarpeen toteuttaa RBC:n rajapinta myös tasoristeyksen varoituslaitokseen, jos varoituslaitoksen tilalla on vaikutusta kulunvalvonnan junalle antamaan tietoon. Suomessa varoituslaitokset on suunniteltu ja toteutettu siten, että varoituslaitosten riittävä hälytysaika on varmistettu suunnittelulla ja tienkäyttäjä on vastuussa ylittämisestä. Varoituslaitoksella ei ole vaikutusta kulunvalvonnan tietoon, ellei varoituslaitoksella ole kulkutieriippuvuutta. Tällöin tarvittava tieto saadaan kulkutietiedosta asetinlaitteen tai suojausjärjestelmän kautta, joten rajapintaa varoituslaitokseen ei tarvita.

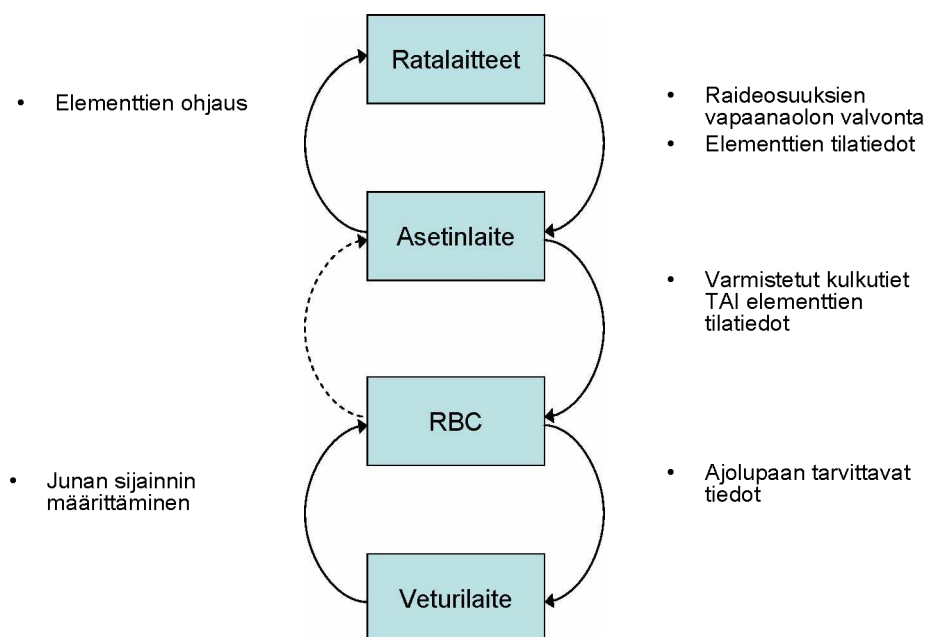
Vaatimusmäärittelyt on pyritty kirjoittamaan samalla periaatteella kuin Suomen asetinlaitevaatimukset, jossa vaatimukset on luokiteltu laitetoimittajan kannalta pakollisiin vaatimuksiin ja valinnaisiin vaatimuksiin. Valinnaiset vaatimukset ovat sellaisia, joiden toteuttamisen laitetoimittaja voi itse valita.

6.1 Toiminnalliset vaatimukset

Tasolla 2 RBC:n tärkein tehtävä on laskea ja välittää tarvittava ajolupatieto veturilaitteille. Kulunvalvontatiedon välittäminen toteutetaan vaiheittain seuraavasti:

1. Asetinlaite valvoo ja ohjaa ratalaitteiden tilaa sekä varmistaa liikenteenohjauksen pyytämät kulkutiet.
2. Asetinlaite välittää tiedon varmistetuista kulkuteista tai elementeistä RBC:lle.
3. RBC laskee rataverkon tietojen sekä asetinlaitteen tietojen perusteella kullekin yksikölle ajolupaa varten tarvittavat tiedot.
4. RBC välittää ajoluvan kunkin yksikön veturilaitteelle RBC:n alueella.
5. Veturilaite laskee ajoluvan mukaisen tavoitepisteen ja muiden nopeutta rajoittavien tekijöiden perusteella (radan ja kaluston ominaisuudet) jarrutuskäyrät ja valvoo niiden mukaista nopeutta.

Kuvassa 10 on havainnollistettu eri järjestelmien rajapintoja keskenään sekä niin välillä siirtyvän tiedon vaiheistusta ERTMS-tasolla 2. Yksinkertaisuuden vuoksi kauko-ohjaus on jätetty pois, koska ERTMS-taso 2 ei tuo nykyisiin käytäntöihin muutoksia. Kommentojen antaminen asetinlaitteelle sekä ilmaisujen välittäminen kauko-ohjaukseen tapahtuvat asetinlaitteen ja kauko-ohjauksen rajapinnassa.



Kuva 10. Tiedonsiirron vaiheistus turvalaitejärjestelmissä ERTMS-tasolla 2.

ERTMS-tasolla 2 junalle välitetään ajolupa radioverkon kautta ja siinä on oltava tarvittavat tiedot nopeutta rajoittavista tavoitepisteistä ja suurimmista sallituista nopeuksista. Ajolupa on muodostettava kyseiselle junalle varmistettujen kulkuteiden perusteella. Ajoluvassa on huomioitava lisäksi kulkuteillä olevat vaihteet ja niiden asennot sekä muut nopeutta rajoittavat tekijät mukaan lukien rataverkon staattiset ominaisuudet. Lisäksi RBC:llä on oltava yksilöivä tieto siitä, mille yksikölle kyseinen ajolupa kuuluu. Jokaisella RBC:n alueella olevalla yksiköllä on oma tunnuksensa, jonka perusteella RBC välittää ajoluvan eteenpäin.

RBC:ssä on oltava rataverkon kuvaus raiteistosta sekä ajolupaa varten tarvittavista muista rataverkon staattisista ominaisuuksista. Ajolupaa varten tarvittavat tiedot lasketaan yhdistämällä nämä staattiset tiedot asetinlaitteen välittämään dynaamiseen tietoon varmistetuista kulkuteistä ja/tai elementtien tiloista. Veturilaitteella on tarvittavat tiedot kaluston ominaisuuksista, jotka on syötetty JKV-veturilaitetta käynnistettäessä, joten veturilaitte yhdistää jarrutuskäyrien laskennassa nämä tiedot ajoluvan antamiin tietoihin siitä, mihin asti kulkutie on varmistettu ja mikä on suurin sallittu nopeus missäkin kohdassa.

Ajolupa voidaan muodostaa joko RBC:ssä, jolloin tarvittavat dynaamiset tiedot kulkuteiden ja raideosuuksien tilasta välitetään asetinlaitteelta RBC:lle. Vastaavasti ajoluvan tarvitsemat tiedot voidaan muodostaa myös asetinlaitteessa. Nykyisin käytössä olevia asetinlaitteita voi olla kuitenkin hankala muokata sellaiseksi, että ne pystyisivät laskemaan ajoluvan ja yhdistämään sen junanumeroon. Helpompaa tällöin olisi laskea ajolupa erikseen rakennettavassa liityntätietokoneessa tai RBC:ssä. Tällöin asetinlaitetta on muutettava siten, että tarvittavat tiedot ajoluvan laskemiseksi saadaan asetinlaitteesta esille.

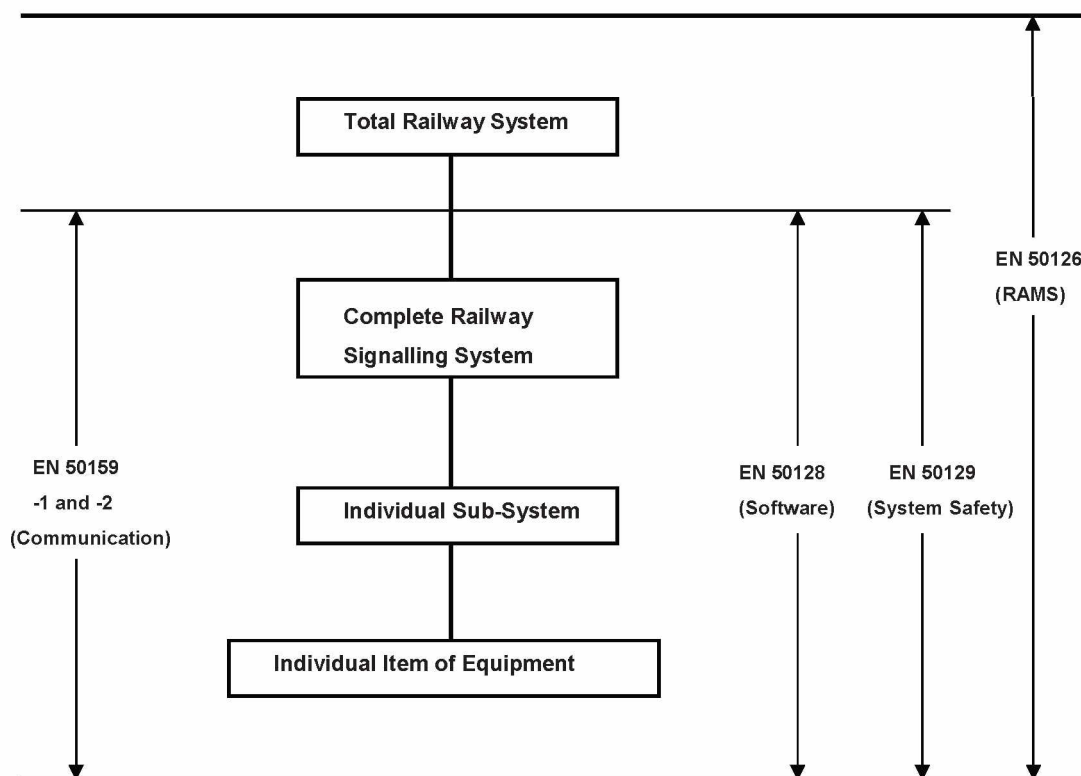
6.2 Turvallisuusvaatimukset

RBC:n ja asetinlaitteen rajapinnalle on asetettava yhtä korkeat turvallisuusvaatimukset kuin itse asetinlaitteelle ja RBC:lle turvallisuuskriittisen tiedon käsittelemiseksi. Käytännössä ERTMS-taso 2 on tarpeen vain tiheästi liikennöidyillä rataosuuksilla, joilla turvallisuusvaatimuksen on oltava korkein mahdollinen, SIL 4.

Relerajapinnalla toteutettaessa rajapinta on käytännössä vain osa asetinlaitteen mahdollistamaa turvallisuustasoa. Jos kyseessä on vanha asetinlaitte, ei asetinlaitteelle tehtäviä muutoksia tai rajapintaa kokonaisuudessaan voida arvioida uudempien standardien mukaisesti. Turvalaitteiden peruseräpäätökset turvallisuuden takaamiseksi näiden on kuitenkin täytettävä ja projektin alkaessa on syytä määrittää järjestelmältä ja osajärjestelmiltä vaadittu turvallisuustaso sekä miten sen toteutuminen aiotaan projektin aikana varmistaa. Tietokoneasetinlaitteisiin pätee sama ongelma, jos asetinlaitte on otettu käyttöön ennen standardien voimaantuloa ja niitä ei ole sovellettu rakentamisvaiheessa. Sitä vastoin sellaisiin asetinlaitteisiin tehtävät muutokset, joihin on jo rakentamisen aikana sovellettu standardeja ja arvioitu SIL-tasot, voidaan toteuttaa kattavan tarkastelun avulla ja kokonaisjärjestelmälle voidaan tämän perusteella määritellä sen varmistama turvallisuustaso.

6.3 Standardien asettamat vaatimukset

Rautatiejärjestelmää koskevia teknisiä vaatimuksia ja standardeja on useita. Kuva 11 esittää standardien sovellusalat suhteessa eri rautatiejärjestelmän osajärjestelmiin.



Kuva 11. Standardien soveltamisalat.

Asetinlaite-RBC-rajapintaa koskevat erityisesti seuraavien standardien vaatimukset:

- EN 50126 RAMS (Luotettavuus, käytettävyys, kunnossapidettävyys ja turvallisuus) /3/
- EN 50128 Ohjelmistot /4/
- EN 50129 Järjestelmäturvallisuus /5/
- EN 50159-1 ja -2 Tiedonsiirto /6/, /7/

Kyseisten standardien vaatimukset ja mitä ne tarkoittavat asetinlaite-RBC-rajapinnan kannalta, on käsitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

6.3.1 EN 50126

Standardi EN 50126 määrittelee menettelytavat, joilla voidaan hallinnoida rautatiejärjestelmän tuotteiden ja osajärjestelmien suunnittelu, rakentaminen ja käyttäminen siten, että RAMS-vaatimukset tulevat huomioitua koko elinkaaren ajalta. RAMS-vaatimukset sisältävät luotettavuuden, käytettävyyden, kunnossapidettävyyden ja turvallisuuden näkökulmat. Tärkeätä on huomioida kaikki näkökulmat jo hankintavaiheessa, jotta toimittajat saadaan velvoitettua toimittamaan koko elinkaaren kannalta kustannustehokkaita järjestelmiä.

Standardin mukaan sitä voidaan soveltaa uusiin järjestelmiin sekä ennen kyseistä standardia käyttöönotettujen järjestelmien muutostöihin, vaikka standardi ei olisikaan sellaisenaan sovellettavissa koko järjestelmään. Näin ollen standardia voidaan soveltaa uutena hankittavaan RBC:hen sekä asetinlaitteeseen, jota muutetaan, jotta rajapinta voidaan toteuttaa relerajapinnan tai toisen järjestelmän kautta.

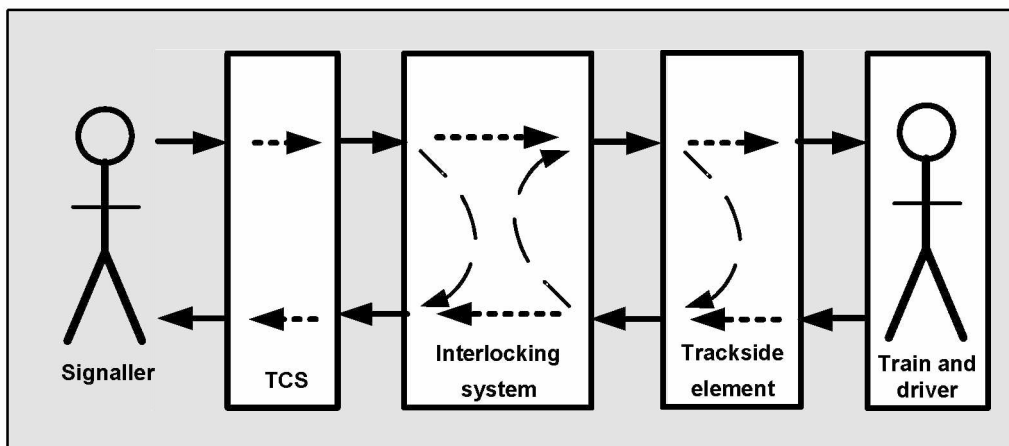
RAMS:n tavoitteena on varmistaa tilaajan asettaman palvelutason toteutuminen elinkaaren aikana. Rajapinnan ominaisuuksia ja RAMS-vaatimukset on tarpeen määritellä siten, että turvalaitejärjestelmän nykyinen palvelutaso säilyy vähintään yhtä hyvänä.

Rajapinnan yli välitettävällä tiedolla on erittäin korkeat turvallisuus- ja käytettävyyshaatimukset. Jos kapasiteetin kannalta nähdään tärkeäksi investoida jollakin tietyllä rataosuudella ERTMS-tasoon 2, on silloin saatava olennaista parannusta kapasiteettiin verrattuna nykyiseen JKV:aan. Käytettävyyshongelmien ja järjestelmäviiveiden sattuessa järjestelmien mahdollistama kapasiteetti on kuitenkin helposti menetettävissä.

Näihin vaikuttavat mm. seuraavat asiat:

Tiedonsiirtoyhteydet ja komponentit on oltava varmistettu ja/tai kahdennettu siten, että yksittäisen vian ilmaantuminen ei estä järjestelmän turvallista käyttöä.

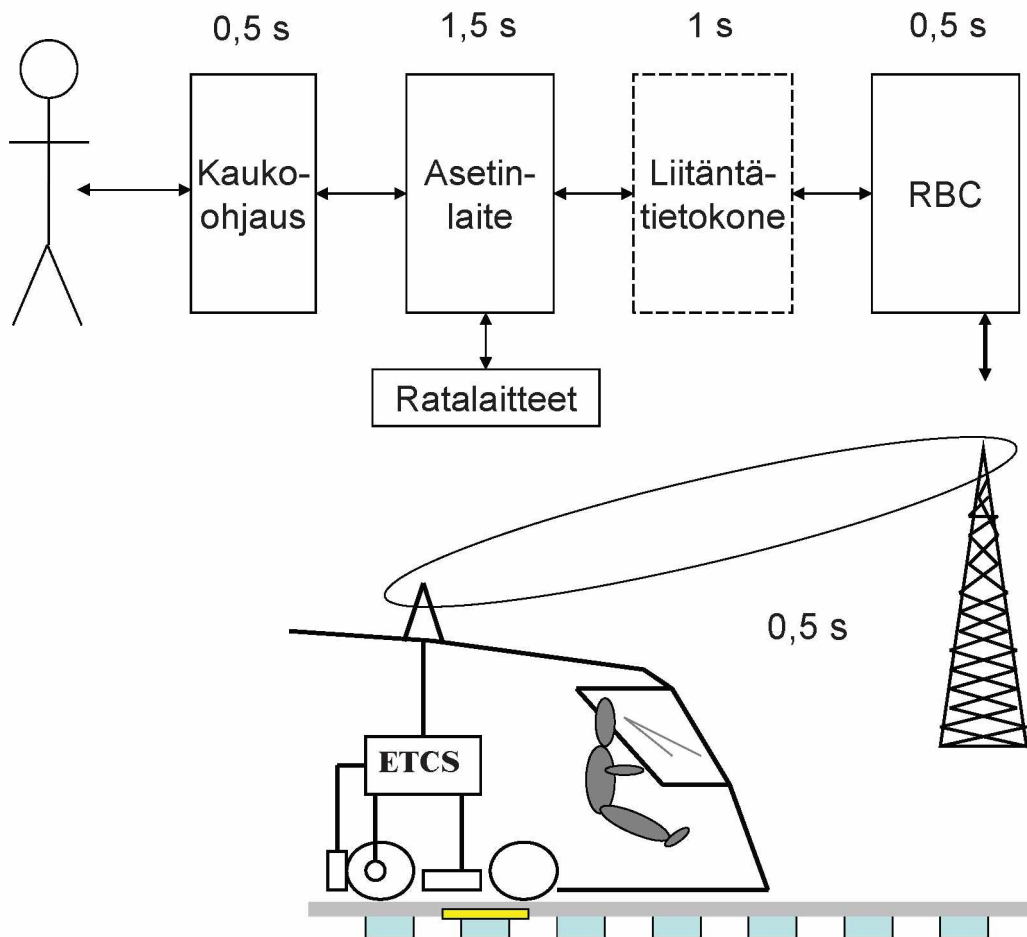
Järjestelmäviiveet on rajattava kokonaisuuden kannalta sellaiseksi, että turvallisuuteen vaikuttavien toimintojen ketju voidaan suorittaa riittävän lyhyessä ajassa. Lisäksi on huomioitava ei-turvallisuuskriittisten toimintojen suorittamiseen tarvittavat ajat. Näitä varten on määriteltävä järjestelmäkohtaisesti jo hankintavaiheessa vasteajat sekä tiedonsiirtoyhteyksiltä vaaditut ajat. Esimerkiksi nykyisissä asetinlaitevaatimuksissa on määritetty vasteajat huomioiden yksittäiset käskyt sekä kulkutien varmistamiset (kuva 12). Näiden vaatimusten mukaan asetinlaitteen on pystyttävä suorittamaan yksittäinen toiminto 0,5 sekunnin aikana ja yhdistetty komento, kuten kulkutien varmistaminen, 1,5 sekunnin aikana. Tämä 1,5 sekuntia sisältää vasta asetinlaitteen oman logiikan viiveet. Jos vaihteiden kääntyminen halutaan huomioida, pitenee kulkutien varmistaminen yli 5 sekuntiin.



Kuva 12. Järjestelmien ja niiden rajapintojen vaikutukset tiedonkulkuun ja järjestelmäviiveisiin.

Vastaavasti, jos ajatellaan tiedonsiirtoa ja järjestelmäviiveitä ERTMS-tasolla 2, järjestelmiä ja rajapintoja on huomattavasti enemmän. Näitä voidaan välttää vähentämällä rajapintoja ja yhdistämällä järjestelmiä. Jos oletetaan, että jokainen järjestelmä aiheuttaa tiedonsiirtoon kuluvaan ajan kanssa viiveen toiminnon suorittamiseen, viiveiden yhteisvaikutus saattaa olla merkittävä kapasiteetin ja käytettävyyden kannalta.

Jos yksikin järjestelmästä tai tiedonsiirtokanavista aiheuttaa kohtuullista suurempia viiveitä, vaikutukset ovat helposti suuret ja ERTMS-tason 2 kapasiteettihiyödyt jäävät pieniksi. Kuvan 13 esimerkissä on arvioitu mahdollisia viiveitä siitä, kun liikenteenohjaus antaa komennon kulkutien varmistamiseksi kauko-ohjauksen kautta, asetinlaite varmistaa kulkutien ja ajolupa välitetään veturilaitteille. Ajat ovat melko optimistisia. Oletuksena on esimerkiksi, että asetinlaite pystyy varmistamaan kulkutien (vaihteiden kääntämiseen kuluvaa aikaa huomioimatta) ja valvomaan kulkutien varmistumisen 1,5 sekunnin aikana. Tällöinkin kokonaisajaksi saadaan 4 sekuntia, mikä ruuhkaisilla rataosuuksilla saattaa viivästyä matka-aikoja, jos kulkutiet eivät ole valmiiksi varmistettuja. Tämän lisäksi on huomioitava muut ratalaitteiden asettamiseen tarvittut ajat. Normaalioltilanteessa kulkutiet voidaan varmistaa junanumeroautomaatiikan kautta, mutta häiriötilanteiden hallinnassa viiveet ovat erityisesti haitaksi.



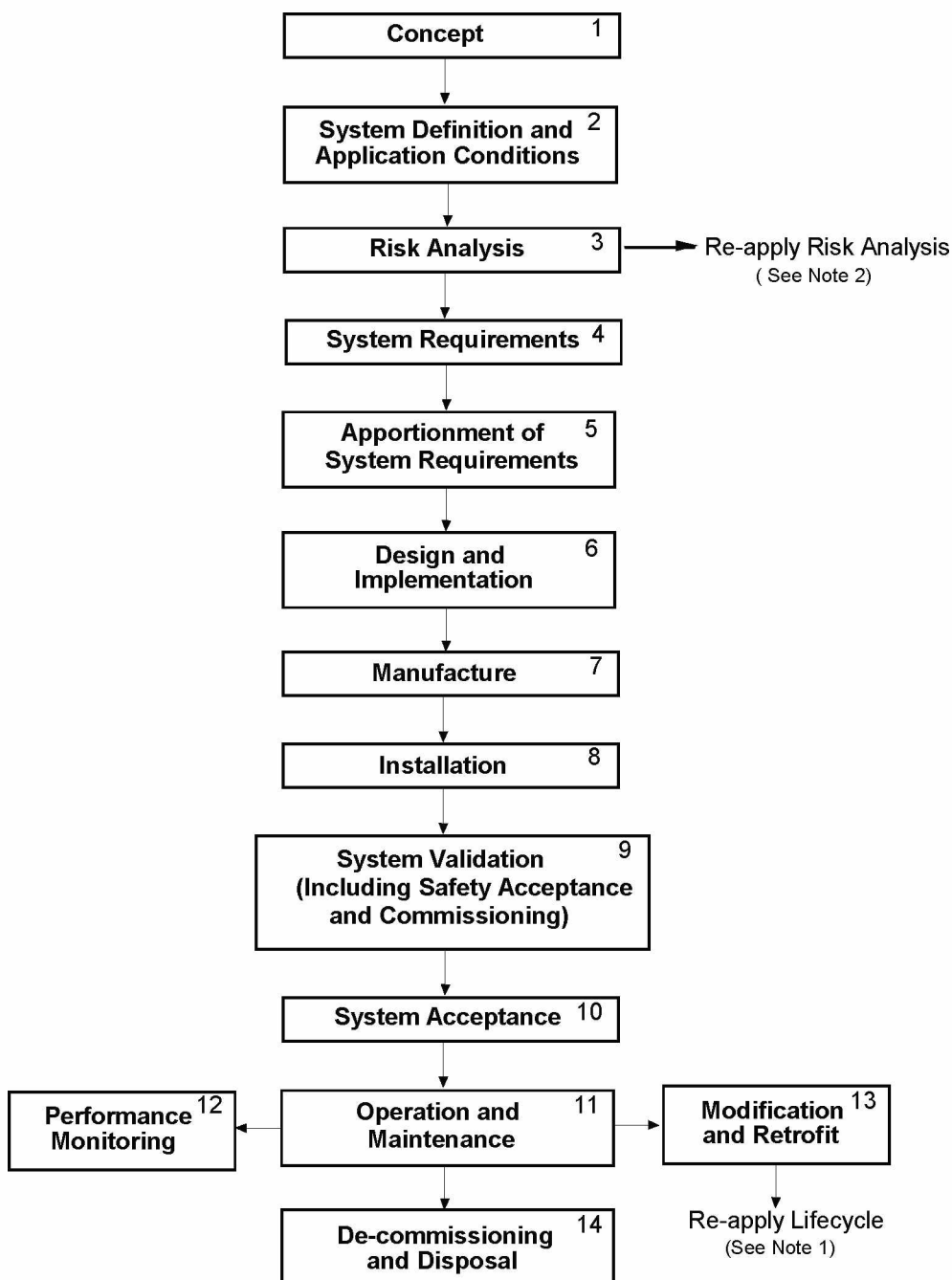
Kuva 13. Esimerkki järjestelmä- ja tiedonsiirtoviiveiden kertymisestä ERTMS-tasolla 2 (kuva Härkönen 2002, muokattu Järvinen).

Turvallisuuden kannalta viiveet voivat aiheuttaa myös ongelmia. Esimerkiksi tieto varmistetulla kulkutiellä olevan raideosuuden varautumisesta välittyy ensin asetinlaitelogiikkaan, joka lähettää tiedon muuttuneesta ajoluvasta RBC:n kautta veturilaitteelle. Nykyisessä järjestelmässä asetinlaite voi suoraan asettaa opastimen näyttämään Seis-opastetta, jolloin rajapinnoista, RBC:stä ja radioverkosta aiheutuvia viiveitä ei tarvitse huomioida.

Standardin mukaista RAMS-analyysia kannattaa soveltaa jo suunnitteluvaiheessa seuraavasti:

1. Konkreettisten ja mitattavien RAMS-vaatimusten määrittely
2. RAMS:iin liittyvien riskien ja niiden hallitsemiseksi tarvittavien toimenpiteiden määrittely
3. RAMS-toimenpiteiden huomioiminen suunnittelussa ja toteutuksessa
4. RAMS-vaatimusten toteuttamisen varmistaminen
5. Elinkaaren aikainen seuranta RAMS-vaatimusten toteutumiseksi

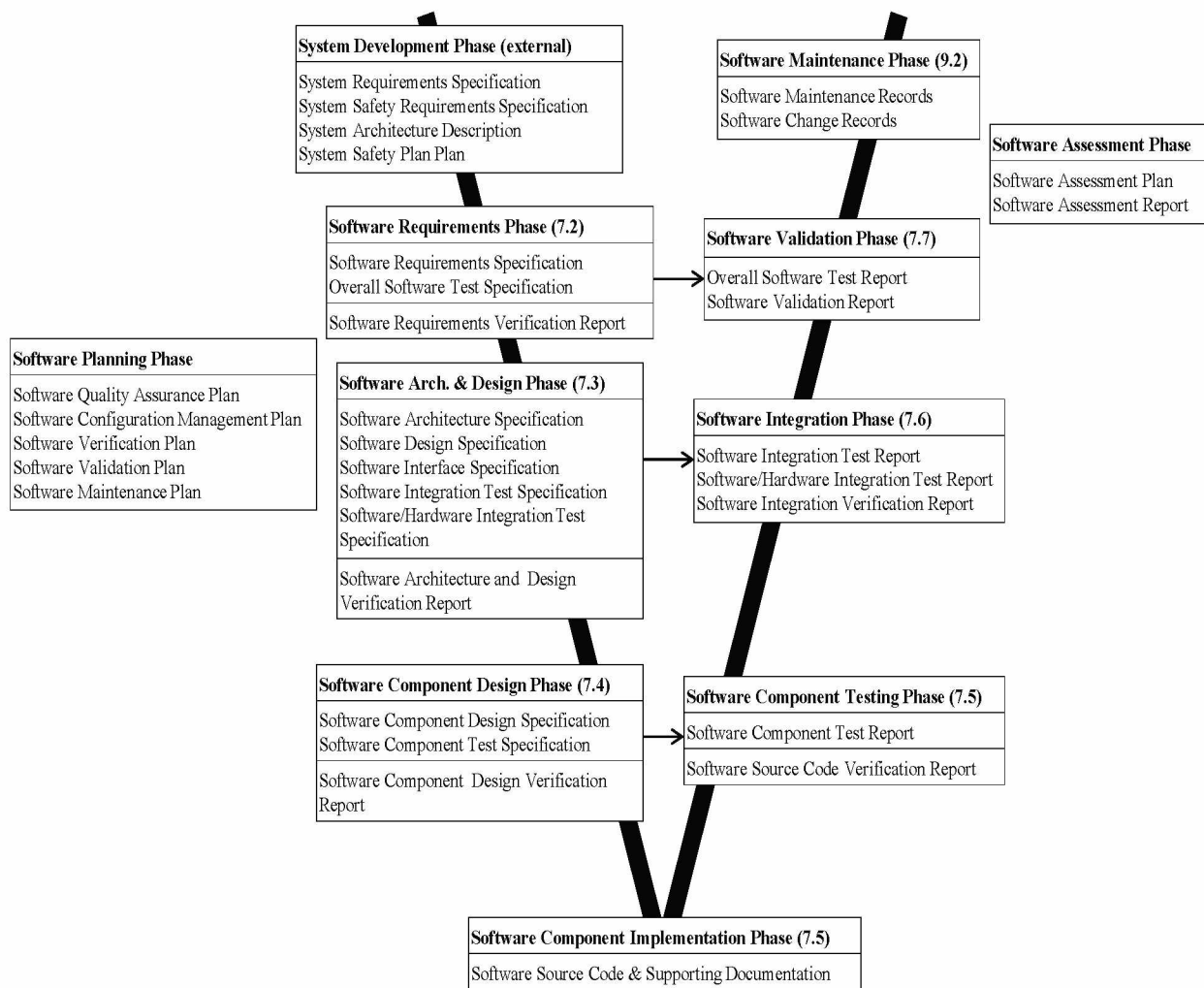
Kuvassa 14 on esitetty standardin mukainen elinkaarimalli sovellettavaksi kaikkiin hankintoihin ja muutostöihin.



Kuva 14. Standardin EN 50126 mukainen elinkaarimalli RAMS-vaatimusten määrittämiseksi.

6.3.2 EN 50128

Standardi EN 50128 määrittelee vaatimukset rautatiejärjestelmän sovelluksissa käytettäville ohjelmistoille. Standardissa on esitetty ohjelmiston kehitysprosessi koko elinkaaren ajalle siten, että lopullinen tuote täyttää siltä vaaditun turvallisuustason, joka on määritelty SIL-tasojen avulla. Ohjelmistokehitys on jaettu eri vaiheisiin, joille on määritelty perustehtävät. Nämä eri tehtävät on esitetty V-mallilla, jota kannattaa noudattaa myös RBC:n rakentamisessa ja rajapintaa toteutettaessa käytössä olevaan asetinlaitteeseen (kuva 15) siltä osin, kun rajapinta ja RBC:n toiminnot toteutetaan ohjelmistolla.

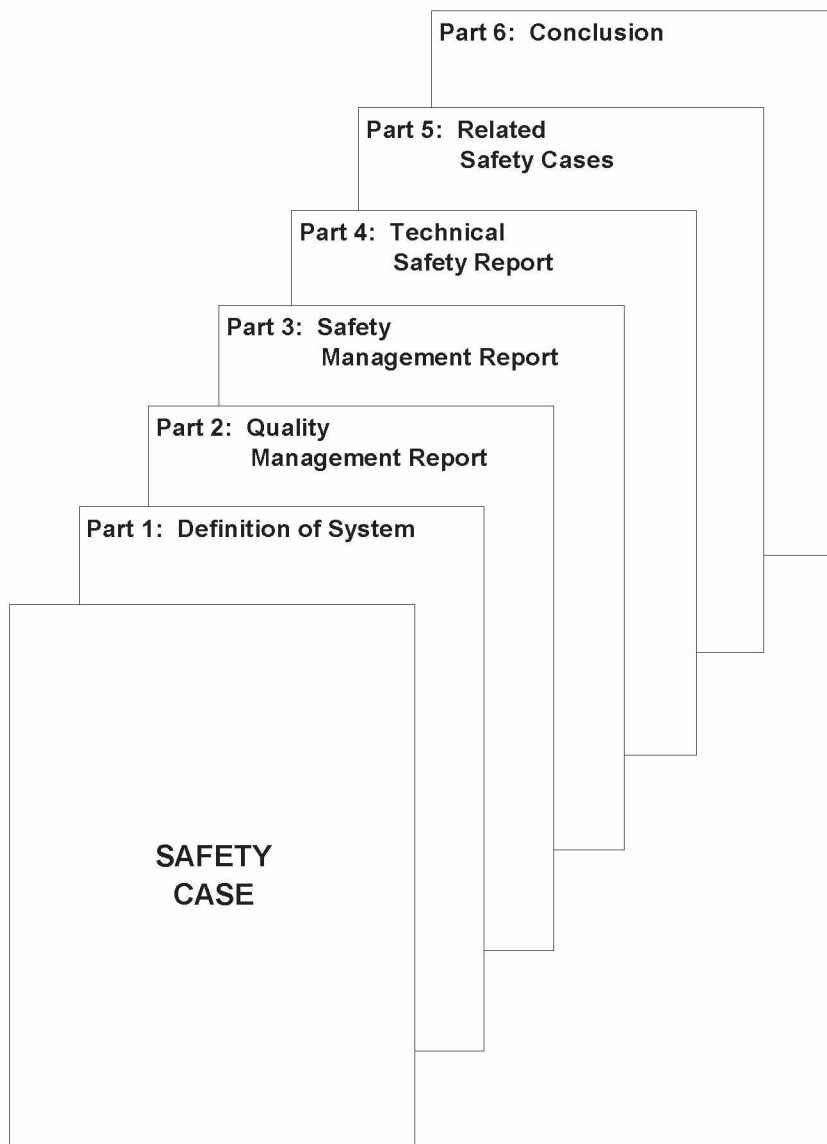


Kuva 15. Standardin EN 50128 mukainen ohjelmiston kehitystyössä käytettävä V-malli /8/.

6.3.3 EN 50129

Standardi EN 50129 määrittelee rautatiejärjestelmän turvallisuuteen vaikuttavien elektronisten järjestelmien hyväksyntään liittyvät vaatimukset. Standardissa huomioidaan kehitystyön yhteydessä vaadittava laadun sekä turvallisuuden varmistaminen. Kyseistä standardia voidaan käyttää kaikkiin turvalaitejärjestelmiin sekä niiden osiin kaikissa elinkaaren vaiheissa. Standardia ei voi kuitenkaan soveltaa sellaisiin käytössä oleviin järjestelmiin, jotka on hyväksytty käyttöön jo ennen tämän standardin vahvistamista. Tällaisessa tapauksessa standardia voidaan halutessa soveltaa siltä osin kuin se on käytännöllisesti katsoen mahdollista.

Jos RBC-rajapinta toteutetaan asetinlaitteeseen, standardia on sovellettava täysimääräisesti uutena hankittavaan RBC:hen sekä mahdolliseen liityntätietokoneeseen. Standardin soveltaminen rajapinnan vuoksi muutettavaan asetinlaitteeseen saattaa olla hankalaa, jos kyseessä on vanha asetinlaite ennen standardin voimaantuloa, kuten jokin releasetinlaite. Vastaavasti liityntätietokoneessa ei voida soveltaa standardia täysimääräisesti, jos liityntätietokoneena käytetään jotakin vanhaa järjestelmää. Standardi määrittelee turvallisuusperustelujen (safety case) sisällön, jota on noudatettava RBC:tä rakennettaessa uusien järjestelmien ja soveltaen muutettavien järjestelmien osalta (kuva 16).



Kuva 16. Turvallisuusperustelujen (safety case) rakenne standardin EN 50129 mukaisesti.

SIL-vaatimusta ei voi käytännössä määrittää koko järjestelmälle, jos turvalaittejärjestelmään sisältyy käytössä olevan asetinlaitteen muutos. SIL-vaatimus voidaan kuitenkin asettaa uutena hankittavalle järjestelmän osalle, vaikka toiminnallisen turvallisuuden vaatimus on mahdollista toteuttaa vain tältä osin. Huomioitavaa on, että kokonaisuus ei edelleenkään välttämättä täytä SIL4-tason vaatimusta. Käytännössä pelkälle rajapinnalle ei voida asettaa SIL-vaatimusta, vaan se on osa toiminnallista

kokonaisuutta. Jos rajapinta toteutetaan liityntätietokoneen avulla, voidaan tälle asettaa SIL4-vaatimus soveltuvien osien huomioiden, että järjestelmä saa lähtötietoja vanhasta asetinlaitejärjestelmästä.

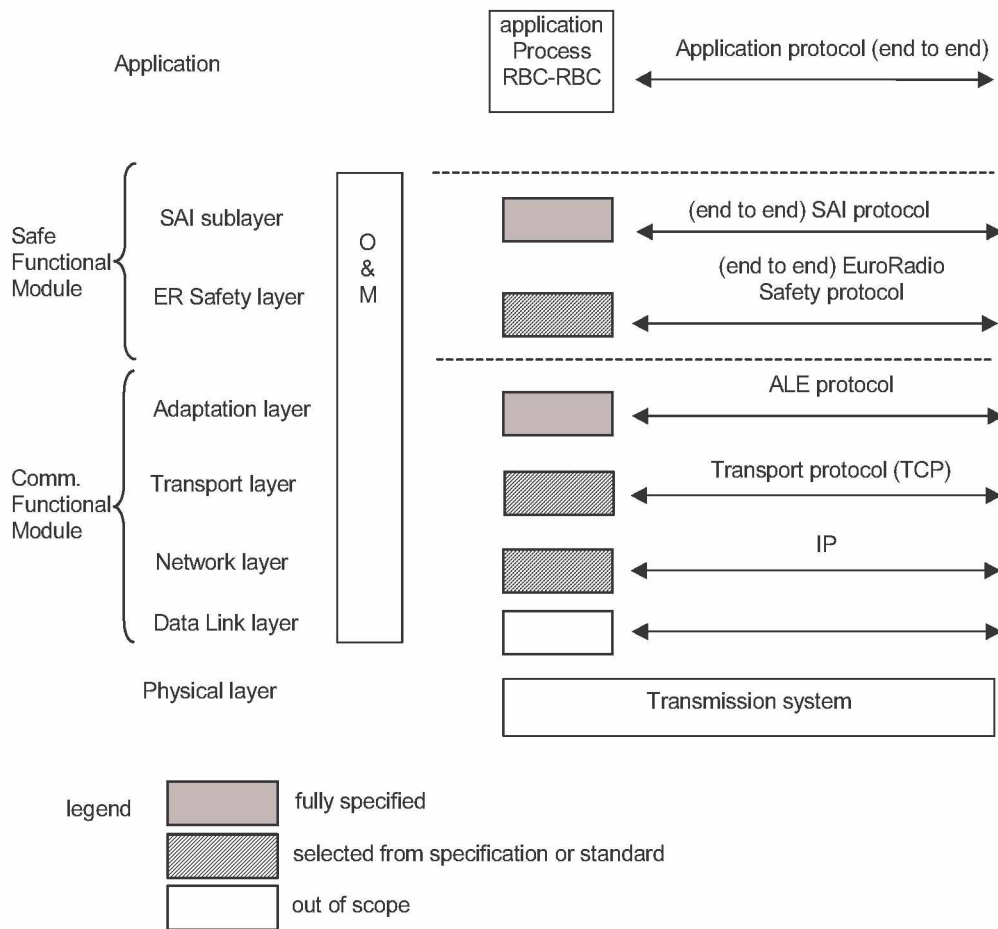
6.3.4 EN 50159-1 ja -2

EN 50159 standardit koskevat turvallisuuskriittistä tiedonsiirtoa turvallisuutta varmistavien järjestelmien välissä. Standardi EN 50159-1 pätee tiedonsiirtoyhteyksiin, jotka on toteutettu suljetussa verkossa, ja standardi EN 50159-2 yhteyksiin, joiden ei voi tulkita olevan suljettuja.

Asetinlaite-RBC-rajapinta voidaan ja on syytä toteuttaa suljetussa verkossa. Järjestelmät voivat olla fyysisesti lähekkäin niiden vaatiman tiedonsiirtokapasiteetin ja käytettävyydestään vuoksi. Jos rajapinta toteutetaan relerajapinnalla ja RBC:ssä pystytään toteuttamaan vaadittava logiikka ajoluvan määrittämiseksi ja muille toiminnoille, relerajapinnassa on huomioitava vain mahdolliset releiden vikatilanteet. Muissa tapauksissa tarvitaan ainakin johonkin rajapintaan tiedonsiirtoyhteys, jossa on sovellettava täysimääräisesti standardia EN 50159. Standardin avulla pyritään estämään mahdolliset tiedonsiirron virheistä aiheutuvat turvallisuusriskit erilaisilla keinoilla viestin oikeellisuuden ja toimitusajankohdan avulla.

6.4 RBC-RBC-rajapinta

RBC-RBC-rajapinnasta on olemassa vaatimusmäärittelyt /9/, joissa huomioidaan rajapinnan toiminnalliset vaatimukset turvallisuuskulmasta. Kuvasta 17 on nähtävissä, että rajapintavaatimukset on porrastettava useampaan kerrokseen. Tavoitteena on kuitenkin käyttää soveltuvilta osin standardoituja protokollia, kuten TCP/IP-formaatteja. Kyseinen rajapinta on tarkoitettua GSM-R-verkon kautta tapahtuvaan tiedonsiirtoon, kun juna siirtyy RBC:n alueelta toisen RBC:n alueelle. Tälle tapahtumalle on määritelty omat toiminnalliset vaatimukset /10/.



Kuva 17. RBC-RBC-tiedonsiirtoyhteyden rajapinta.

Rajapintamäärittelyjä voidaan soveltaa joiltakin osin myös asetinlaite-RBC-rajapintaan. Kyseinen rajapinta on kuitenkin tarkoituksenmukaista tehdä suoran yhteyden kautta joko relerajapinnalla tai kuiduilla. Tällöin rajapinnan toteuttaminen yksinkertaistuu, koska tiedonsiirtoformaateista johtuen virheiden todennäköisyys on huomattavasti pienempi.

6.5 Rajapinnan toteuttamisen käytännön haasteita

Merkittävin haaste vanhan asetinlaitteen hyödyntämisessä ERTMS-tasolla 2 on se, kuinka tason 2 toimintoja varten tarvittavat tiedot voidaan saada ulos asetinlaitteesta. Kulkutien varmistamisen periaatteet voidaan edelleen pitää samana, joten toiminnallista rajapintaa asetinlaitteelta ratalaitteisiin ei tarvitse muuttaa. Asetinlaitteen kulkutiologiikka on kuitenkin yleensä toteutettu asetinlaitteen sisällä siten, että reletietoa ei ole saatavilla ilman muutostöitä, jotka voivat asetinlaitteesta riippuen aiheuttaa merkittäviäkin kustannuksia.

Rajapinnan toteuttaminen olisi helpointa ja halvinta tehdä relerajapinnan kautta, vaikka tietomäärä onkin valtava ja kytkentöjen tekeminen työlästä. Tätä ajatellen saattaisi kuitenkin olla helpompaa toteuttaa rajapinta releasetinlaitteeseen tai rele-

ryhmäasetinlaitteeseen. Tietokoneasetinlaitteeseen rajapintaa toteutettaessa asiaa voi helpottaa, jos asetinlaitteen hankinnassa on huomioitu mahdollinen rajapinta tai RBC:n toimittaja on sama kuin liitettävän asetinlaitteen.

Rajapinta voidaan toteuttaa suoraan tai jonkinlaisen liityntätietokoneen avulla. ERTMS-tasosta 1 on kokemuksia maailmalla, kuinka vanha asetinlaite on hyödynnetty turvalaitejärjestelmää päivitettäessä. Tällöin asetinlaitteen päälle on rakennettu toinen "varjoasetinlaite", josta varsinaiset tiedot tason 2 toimintoja varten saadaan. Vastaavaa tapausta, jossa vanhaan asetinlaitteeseen olisi rakennettu ERTMS-tason 2 rajapinta, ei kuitenkaan ole tiedossa.

Mahdollisena liityntätietokoneena voitaisiin harkita esimerkiksi Koppelrechner-liityntätietokonetta, joka on nykyisinkin käytössä lähes kaikissa SpDrS-asetinlaitteissa JKV:n ja asetinlaitteen välillä. Mikäli Koppelrechnerin sisältämät tiedot eivät riitä, ohjelmointimuutos tulee kalliiksi. Esimerkiksi raidevirtapiiritietojen lisääminen Koppelrechnerin lukemiin tietoihin saattaisi karkeasti arvioiden maksaa 0,5–2 M€. Turvallisuuskulman kannalta Koppelrechnerin muutoksia ei myöskään pystytä tekemään uusien turvallisuusstandardien mukaisilla menetelmillä, jos muutostyö tehdään ja toteutetaan osana uutta hanketta. Jos tarvittavat tiedot Koppelrechneriin kuitenkin saataisiin, olisi L. Matikaisen mukaan mahdollista ilman Koppelrechneriin tehtäviä muutoksia ohjata RBC:tä, jos RBC pystyisi liittymään suoraan silmukkatietokoneen rajapintaan. RBC tulkitsisi tällöin silmukkatietokoneen ohjaussanomat ja muuttaisi ne tarvitsemaansa muotoon.

Tietoja, jotka nykyisin vaikuttavat junan saamiin kulkutietoihin ja vastaavasti ERTMS- tason 2 ollessa käytössä ajoluvan tietoihin, ovat mm. raideosuuksien vapaanaolon tiedot, kulkutietiedot tai alku- ja pääteopastin, jännitteettömyystieto, varatun raiteen tieto sekä kulkutien tyyppi. Näitä on erittäin hankala saada nykyisistä asetinlaitteista RBC-rajapintaan. Raideosuuksien vapaanaolon tiedot on mahdollista saada raideroleilta, jos vapaanaolon valvonta on toteutettu raidevirtapiireillä. Akselelaskijoiden logiikasta kyseistä tietoa ei kuitenkaan saa, vaan tieto on ohjelmoitava rajapintaan erikseen. Vapaanaolon tietoa ei myöskään voida yhdistää tiettyyn juna-numeroon, vaan tätä varten on oltava erillinen logiikka. Kulkutietieto saattaa olla ohjelmoitavissa rajapintaan tietokoneasetinlaitteilta, mutta releryhmäasetinlaitteilta tietoa on käytännössä mahdotonta saada.

Esimerkkinä tietojen rajapintaan saamisen hankaluudesta voidaan ottaa Simis C-asetinlaite, jossa ei nykyisellään ole mahdollista saada tietoja opastinten tiloista, vaihteiden lukituksista tai kulkuteistä. Ainoastaan raiteen vapaanaoloilmaisu on mahdollista saada, jos vapaanaolo on toteutettu raidevirtapiireillä. Muutostyöt näiden tietojen saamiseksi saattavat karkeasti arvioiden maksaa 0,5–2 M€, eikä se olisi kovin kannattavaa huomioiden ERTMS-tason 2 tuoma kapasiteettilisäys ja muutettavien asetinlaitteiden määrä.

Ebilock, joka on käytössä Riihimäki–Seinäjoki-rataosuudella, on hyvin samantyyppinen Simis C:n kanssa. Ebilock-asetinlaitteessa vapaanaolon valvonta on toteutettu tasavirtaraidevirtapiireillä. Tiedot ovat kuitenkin hajautettuna linjalla, joten tietojen saaminen relerajapinnasta ei onnistu. Kentällä oleviin asetusosiin liityntä ei ole mahdollinen. Tilatiedot siirretään asetinlaitteen lukitustietokoneeseen, johon RBC on tarpeen liittää, jos nämä tiedot tarvitaan rajapintaan. Aiemmin oli tarpeen rakentaa erityisryhmiä tasoristeyksiä varten, koska asetinlaitteen toiminta ei taipunut niihin. Ebilockin ollessa tyypiltään alueasetinlaite, jossa asetinlaite hallinnoi useampaa ala-

asemaa, ovat ratalaitteiden asetusosat hajautettuna kentällä. Asetusosien hyödyntäminen tiedon saamisessa olisi myös haastavaa toteuttaa kustannustehokkaasti.

Nykyisin käytössä olevat asetinlaitteet varmistavat kulkutiet yksittäin tai yhdistelminä. Varmistunut kulkutie on edellytyksenä sille, että opastimet ja JKV välittävät tiedon varmistuneesta kulkutiestä eteenpäin kuljettajalle näkyvän opasteen ja veturilaitteen kautta. Kauko-ohjauksen kautta voidaan ohjata useampaa asetinlaitetta ja yleensä kauko-ohjauksen päälle on rakennettu junanumeroautomaatiikka, joka järjestelmänä varmistaa rataverkolla liikkuvien junien tarvitsemat kulkutiet junanumeron ja niille laaditun aikataulun perusteella. Kauko-ohjaus ja junanumeroautomaatiikka eivät ole turvallisuuskriittisiä järjestelmiä, vaan turvallisuus varmistetaan asetinlaitteissa. Näin ollen kauko-ohjauksesta tai junanumeroautomaatiikasta saatuja tietoja ei voida käyttää turvallisuuskriittisiä toimenpiteitä varten.

Junan yksilöivän tunnistetiedon saaminen on kuitenkin muuten vaikeaa, joten tässä yhteydessä on harkittava, onko mahdollista käyttää junanumeroautomaatikan tietoja. Seuraukset olisivat pahimmillaan sellaiset, että ajolupa välitettäisiin väärälle yksikölle. ERTMS-veturilaitteilla olisi oltava tätä varten varmistus, että junanumero on oikein. Jos se ei ole oikein, niin ajolupaa ei hyväksyttäisi, jolloin se heikentäisi vain käytettävyyttä. Jos junanumeroa ei ole mahdollista tunnistaa, veturilaitteet saattavat olettaa ajoluvan sallivammaksi kuin se oikeasti on, jolloin saattaisi syntyä vaaratilanne. Veturilaitteilla on tällaisessa tapauksessa oltava junanumeron varmistus kullekin ajoluvalle. Tällöin on varmistettava käytettävyyden kannalta myös se, että yksittäinen vika kauko-ohjausjärjestelmässä tai junanumeroautomaatiikassa ei estä ajoluvan muodostamista. Jos asetinlaite ja RBC rakennettaisiin kokonaan uutena, voitaisiin tällöin huomioida junanumerotiedon saaminen jo asetinlaitteelle.

6.6 RBC:lle asetettavia vaatimuksia

ERTMS-tason 2 käyttöönottoon liittyy muitakin asioita, jotka on hyvä huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Merkittävää on esimerkiksi kaiken turvallisuuteen liittyvän tiedon ajantasaisuuden varmistaminen. RBC:ssä on oltava rataverkosta tarvittavat tiedot, jotta ajolupa voidaan laskea. Haasteena onkin pitää RBC:n tiedot myös muutostöiden yhteydessä ajan tasalla siten, että ajoluvan sisältämät tiedot vastaavat todellista rataverkkoa. Hyvänä vertailukohtana voidaan pitää rataverkon nykyisten rekisteritietojen ajantasaisuuden haasteellisuutta, kun rataverkolla on toimijoita ja projekteja niin investointien kuin kunnossapidonkin osalta useita käynnissä samanaikaisesti. RBC:n tietojen pitämiseksi ajan tasalla on oltava mahdollista muuttaa rataverkon tietoja kunnossapidon käyttöliittymän kautta. Jos muutoksissa edellytetään laitetoimittajan puuttumista asiaan, tulevat muutokset kalliiksi ja hitaiksi, jolloin turvallisuuskin vaarantuu.

Nopeusrajoitukset on pystyttävä paikantamaan tarkasti RBC:n sisältämällä rataverkolla. Pituusmittausraidetta käyttäen tämä on suhteellisen helppoa, mutta jos kyseinen nopeusrajoitus koskee sellaista raidetta, joka ei ole pituusmittausraide, voi virheellisiä arvioita tulla. Yleensä kuitenkin nopeusrajoituksen sijaintitarkkuus riittää, suurempi riski on tietojen syöttämisessä RBC:hen. Nopeusrajoituksen on oltava raiteiston poikkileikkauksessa oikealla raiteella ja lisäksi pituussuunnassa oikealla kohdalla.

Raiteilla on erilaisia nopeusrajoituksia riippuen kalustotyyppistä. Ajolupa sisältää tarvittavat ominaisuudet, mutta avoinna on, tehdäänkö päätös kyseiseen yksikköön sovellettavasta nopeusrajoituksesta junassa vai RBC:ssä. Jos valinta tapahtuu junan veturilaitteilla, on veturilaitteilla oltava tieto kaikista sovellettavista nopeusrajoituksista ja veturilaitteen sisältämän kalustokohtaisen tiedon mukaan tehdään valinta. Jos valinta on taas tarkoitus tehdä RBC:ssä, tulee RBC:ssä olla junanumerotiedon lisäksi tieto kalustokohtaisista ominaisuuksista, kuten akselipainosta tai kaluston kallistuvakorisuudesta. Jos kaikki tarvittavat nopeusrajoitukset on välitettävä veturilaitteille, vaatii tämä tiedonsiirtoyhteydeltä enemmän kapasiteettia, joten suositeltavampaa olisi tehdä valinta jo RBC:ssä. Veturilaitteen olisi näin ollen vastaanotettava junanumeron yhteydessä tarvittavat tiedot veturilaitteelta, johon tiedot syötetään kytkettäessä veturilaitteet päälle.

7 ERTMS L2 vaikutukset kapasiteettiin

ERTMS-tason 2 vaikutukset liikennöinnin kapasiteettiin on tarkasteltava hankkeissa sekä kapasiteetin ja käytettävyyden osalta. Tason 2 sovelluksissa radioverkon käyttäminen tuo lisää kapasiteettia verrattuna nykyiseen JKV:aan. Radioverkon käyttäminen kulunvalvontatietojen välittämiseen tuo kuitenkin omat ongelmansa käytettävyyden kannalta. Radioverkon peitto ja varmistukset ovat osaltaan hankkeissa kustannustekijöinä, mutta näissä ratkaisuissa tinkiminen aiheuttaa käytettävyysoongelmia tason 2 käyttämisessä. Vaikka teoriassa kapasiteetti lisääntyisi, jatkuvat häiriöt nakertavat helposti hyötyjä siten, että täyttä kapasiteettia ei voida täysimääräisesti hyödyntää, jolloin kustannushyötysuhde pienenee. On huomioitavaa, että tässä työssä ei huomioida häiriöiden vaikutusta tarvittavaan kapasiteettiin ja investointikustannuksiin. Halutun kapasiteetin saavuttamiseksi jokaisessa hankkeessa erityisesti alkuvaiheessa, kun kokemuksia toteuttamisratkaisuista Suomessa ei vielä ole, on kannattavaa soveltaa RAMS-analyysia koko elinkaaren kannalta.

Tasolla 2 yksikön sijainnin paikantamiseen käytetään edelleen radanvarren laitteiden vapaanaolon valvontaa raidevirtapiirien tai akselinlaskentapisteidien avulla. Kun radiosuojastuskeskus rakennetaan erillisenä järjestelmänä siten, että vanha asetinlaite jää edelleen käyttöön, ei mahdollisten kulkuteiden määrittelyihin tule muutoksia. Kapasiteettiin tason 2 käyttöönotolla ei tältä osin ole vaikutusta. Lisäkapasiteettia on teoriassa mahdollista saada siltä osin, että kulunvalvontatieto on mahdollista välittää jatkuvana tiedonsiirtona radioverkon yli.

Nykyisessä järjestelmässä tieto siirtyy pistemäisesti baliisien kautta, joten kapasiteettiin vaikuttavat myös baliisiryhmien etäisyys toisistaan. Tämä aiheuttaa sen, että jos junat liikennöivät tiheästi suojaväleihin nähden, saattaa opastin asettua näyttämään ajon sallivaa opastetta vasta siinä vaiheessa, kun seuraava juna on ensin saanut tiedon Seis-opasteesta. Tämän jälkeen juna saattaa joutua jarruttamaan opastimelle laskettujen jarrutuskäyrien mukaisesti, jos juna ei ole vielä ohittanut seuraavaa informaatiopistettä ja tietoa muuttuneesta opasteesta ei ole saatu.

Jos ERTMS-taso 2 otetaan käyttöön, on tarpeen harkita myös olemassa olevien raideosuuksien sijainti, jotta voidaan optimoida kapasiteetti, jonka ERTMS tarjoaa. Kapasiteettia on mahdollista kasvattaa vain, jos raideosuuksien pituus ja sijainti suhteessa raiteen suurimpaan nopeuteen kullakin kohdalla mahdollistavat sen. Suojavälejä voidaan käytännössä tällöin lyhentää ja saada tällä lisää kapasiteettia, kun esiopastinetäisyydestä annetut vaatimukset eivät ole rajoittamassa suojavälin pituutta. Jos vapaanaolon ilmaisu on toteutettu akselinlaskijoilla ja raideosuuksien määrää suurennetaan, lisääntyä myös akselinlaskentavikojen todennäköisyys ja häiriötilanteet.

8 RBC-rajapinnan vaikutus määräyksiin ja vaatimuksiin

RBC-rajapinnan vaikutukset määräyksiin ja vaatimuksiin ovat välilliset. Suurimmat muutokset määräyksiin ja vaatimuksiin aiheutuvat ERTMS-tason 2 käyttöönotosta, sillä se muuttaa merkittävästi toiminnallisuutta liikenteenohjauksen ja veturinkuljetajien kannalta. Liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) antamat määräykset koskevat erityisesti liikennöinnin turvallisuutta ja siihen liittyviä asioita, kun taas Liikenneviraston vaatimukset koskevat turvallisuuden lisäksi myös teknisiä ja elinkaaren kannalta merkittäviä ominaisuuksia.

RBC ja radioverkko vaikuttavat merkittävästi liikennöinnin turvallisuuteen, joten näiden hankinnassa ja käytön aikana tarvittavat vaatimukset tulee todennäköisesti Liikenneviraston tarkempien vaatimusten lisäksi ottaa huomioon myös Trafin määräyksissä jollakin tasolla. Lisäksi muutoksia tulisi liikennöinnin turvallisuuteen liittyviin määräyksiin. Rataverkon tietojen ylläpitämiseen, kuten nopeusrajoitusten asettamiseen, tarvittaisiin nykyistä tarkempia vaatimuksia ja määräyksiä.

Mahdollisen koeradan rakentamisen yhteydessä on tarpeen suunnitella mahdolliset testitapaukset sekä huomioida asetinlaitteeseen, RBC:hen ja niiden rajapintoihin liittyvien tarkkojen vaatimusmäärittelyjen laatiminen.

9 Laitetoimittajien näkemyksiä rajapinnan toteuttamiseksi

Rajapinnan toteuttamismahdollisuuksia selvitettiin haastatteluilla ja sähköpostikyselyillä laitetoimittajilta. RBC-rajapinnan toteuttamisesta käytössä olevaan asetinlaitteeseen ei ole käytännön kokemuksia. Nykyiset kokemukset vanhoihin asetinlaitteisiin liittämistä ovat ainoastaan ERTMS-tasoon 1, joka on toiminnallisuudeltaan enemmän samankaltainen nykyisten kulunvalvontajärjestelmien kanssa. Hyviä näkökulmia toteuttamiseen tuli kuitenkin esille. Näitä toteuttamismahdollisuuksia kannattaa harkita selvittäväksi, jos rajapinta tulee tarpeelliseksi toteuttaa Suomessa.

Kahden eri laitetoimittajan rajapinnoista on joitakin kokemuksia ja ne vaativat aina merkittävän panostuksen kehitystyöhön, toteuttamiseen ja testaukseen, jotta ne saadaan kunnolla toimimaan. INESS-projektin tavoitteena on kehittää standardisoitua rajapintaa ja FFFIS-vaatimusmäärittelyjä. V-M. Kantamaan mukaan näkemyseroja yksityiskohdista tuntuu kuitenkin olevan ja laitetoimittajien sitoutuminen yhdessä valittuihin vaatimusmäärittelyihin saattaa joiltakin osin olla heikkoa.

Mipro

Asetinlaitteen ja kauko-ohjauksen välillä on jo olemassa oleva rajapinta. S. Hyyryläisen mukaan rajapinnan kehittämismahdollisuuksia myös asetinlaite-RBC-rajapintaan voi harkita, kunhan RBC:ltä ja asetinlaitteelta vaadittu turvallisuustaso täyttyy myös rajapinnassa. Nykyinen kauko-ohjausrajapinta ei tällä hetkellä täytä minkäänlaisia turvallisuusvaatimuksia, koska niitä ei ole kauko-ohjaukselta vaadittu. Kauko-ohjausrajapintoja on toteutettu releillä ja ohjelmoitavilla logiikoilla vanhoihin releasetinlaitteisiin tai sitten ohjelmistorajapintana esimerkiksi seuraaviin asetinlaitetyyppeihin: Simis C, Ansaldo, Invensys, Mipro. Haastavinta on kuitenkin saada asetinlaitetoimittajilta, ohjelmoitavien logiikoiden ja/tai RBC-järjestelmän toimittajilta protokollamäärittelyt, jotta rajapinta olisi ohjelmallisesti toteutettavissa. Avointa turvallisuusvaatimukset täyttävää rajapintaa ei ole määritetty tällaiseen tarkoitukseen.

Hyyryläisen mukaan mahdolliset vaihtoehdot ovat seuraavat. Tarkempia tarkasteluja kuitenkin vaaditaan myös tapauskohtaisesti, ennen kuin voidaan todeta ratkaisun toteutettavuus kustannustehokkaasti.

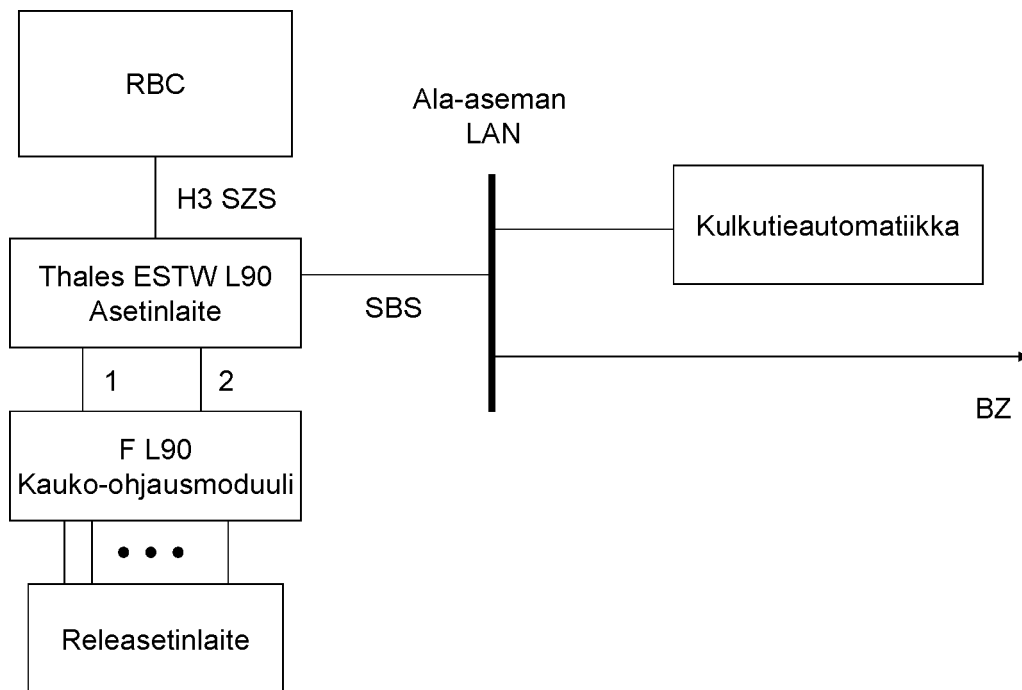
1. Nykyinen asetinlaite => relerajapinnasta ohjelmoitavalle logiikalle => Ohjelmistoajurin kautta liityntätietokoneelle => RBC:lle
2. Nykyinen asetinlaite => Ohjelmistoajurin kautta liityntätietokoneelle => RBC:lle
3. Nykyinen asetinlaite => Relerajapinnan kautta RBC:lle

Näistä ensimmäinen soveltuisi erityisesti vanhoille releasetinlaitteille, joiden kauko-ohjaus on toteutettu ohjelmoitavalla logiikalla vaihtamalla kauko-ohjausala-asema turvalogiikkaan. Mipron toimittamiin asetinlaitteisiin on myös I/O-rajapinta, joka tarkoittaisi relerajapintaa. Myös ohjelmistoajuri on mahdollinen vaihtoehto, mikäli tietoliikenneprotokollat, joita Mipron asetinlaite käyttää, saadaan käyttöön. Tämä vaihtoehto vaatisi kuitenkin tarkempaa selvittämistä.

Thales

H. Mackin mukaan rajapinta olisi toteutettavissa ainakin Siemensin ja Thalesin asetinlaitteisiin standardisoitujen protokollien avulla. Vaihtoehtoisia protokollia ovat SAHARA, Subset 98:n mukainen rajapinta tai H3-protokolla. SAHARA-protokollaa käyttävät yhteisesti Siemens ja Thales. Subset 98 on yhteisesti sovittu standardi RBC-RBC-rajapintaan, jota voisi hyödyntää myös tässä rajapinnassa. H3-protokolla on taas saksalaisten kehittämä rajapinta LZB:n ja ERTMS tason 2 välille. H3-protokollaa on käytetty ainoastaan Saksassa. SAHARA on näistä Thalesin yleisimmin käyttämä protokolla.

Thales pystyy toteuttamaan RBC:n ja releasetinlaitteen rajapinnan F L90 kauko-ohjausmoduulin ja varjoasetinlaitteen kautta H3-protokollalla /11/ (Kuva 18). Pilotti-projekteiksi Saksassa on valittu Nürnberg–Ingolstadt–München ja Mannheim–Saarbrücken-rataosuudet. Rajapinta releasetinlaitteeseen toteutetaan edelleen kehitetyn kauko-ohjausmoduulin F L90 kautta.



Kuva 18. Thalesin F L90 -kauko-ohjausmoduulin avulla rajapinnan toteuttaminen RBC-järjestelmään

RBC-rajapintaa ja ERTMS-tasoa 2 varten kauko-ohjausmoduuliin lisättiin seuraavat toiminnot:

- Asetinlaitteesta ERTMS-tason 2 toiminnallisuutta varten tarvittavien lisätietojen välittäminen RBC:lle.
- RBC:n komennon "käynnistä automaattinen toiminta" välittäminen kulkutieautomaatiikalle

Thales tarvitsee ERTMS-tason 2 toteuttamista varten myös ns. varjoasetinlaitteeksi Thalesin oman tietokoneasetinlaitteen ESTW L90, joka toimii taustalla ja laskee asetinlaitteen antamista tiedoista tarvittavat tiedot RBC:lle.

Invensys Rail

E. Spencerin mukaan Network Rail Iso-Britanniassa on samankaltaisten haasteiden edessä parhaillaan, kun he ovat hankkimassa ERTMS:ää. Heillä on yksi rataosuus, johon hankitaan ERTMS ja uudet asetinlaitteet. Lisäksi on toinen rataosuus, jossa ERTMS toteutetaan nykyisin käytössä olevien asetinlaitteiden päälle. ERTMS-järjestelmätoimittaja, joka vastaa päälle rakentamisesta, tulee jo työn aikaisessa vaiheessa selvittämään käytössä olevien asetinlaitteiden tekniset ja toiminnalliset rajapintavaatimukset ja -mahdollisuudet kyseisten asetinlaitteiden laitetoimittajien kanssa. Suurimpana haasteena tulevat olemaan vastuuasiat, millä puolella rajapintaa lisättävät toiminnot on toteutettava sekä minkälaisen tulevan rajapinnan on oltava. Riippuen Suomen ERTMS-käyttöönottosuunnitelmasta tämäkin voi tulla ajankohtaiseksi Suomessa ja RBC-asetinlaiterajapinta on toteutettava.

Invensys WESTRACE ja WESTLOCK -asetinlaitteet käyttävät UDP/IP-protokollaa ethernetin kautta sekä Invensys WNC (Westrace Network Communications) -protokollaa Invensyksen asetinlaitteen ja RBC:n rajapinnassa. Molempien asetinlaitteiden rajapinta Invensyksen RBC:n kanssa on toteutettu samalla tavalla saman protokollan avulla. Espanjassa Invensyksen WESTRACE-asetinlaitteella on rajapinta Thalesin RBC:hen WNC-protokollan avulla. Kyseistä protokollaa on käytetty Thalesin lisäksi myös Siemensin, Frauscherin ja Faiveleyn järjestelmien kanssa erilaisille vitaaleille sovelluksille. Invensys on valmis myös jakamaan kyseistä protokollaa laajemminkin, jos tarpeen. Invensys on valmis harkitsemaan tarvittaessa myös uuden protokollan kehittämistä, mutta teknisen toteutuksen, turvallisuushyväksynnän saaminen ja tarvittavien työkalujen kehittäminen veisi kuitenkin aikaa. Tällaiseen kehitystyöhön vaadittava aika riippuu valittavasta protokollasta. Näitä rajapintoja kehitetään myös INESS-projektissa, jossa Invensys on mukana.

Vanhoihin releasetinlaitteisiin rajapinnan toteuttaminen ei ole Spencerin mukaan mahdotonta. Vitaalia sarjaporttia rinnakkaiseen muuntimeen tarvitaan liittämään vanha asetinlaite WESTRACE-asetinlaitteeseen, jota voidaan esimerkiksi käyttää RBC:n ja vanhan asetinlaitteen välissä. Käytännössä tällaista ratkaisua ei ole vielä toteutettu, mutta Lontoon metrossa on toteutettu hyvin samantyyppinen ratkaisu asetinlaitteen rajapintaan.

Spencerin mukaan käytössä olevien asetinlaitteiden jäljellä olevaa käyttöikää on harkittava, kun päätöstä asetinlaitteen uusimisesta tai vanhaan asetinlaitteeseen rajapintaa rakennettaessa tehdään. Releasetinlaitteiden tapauksessa johdotukset vanhenevat yleensä nopeammin kuin releet. Jos asetinlaitteella on kuitenkin hyvin käyttöikää jäljellä, saattaa olla kannattavaa säilyttää vanha asetinlaite. ERTMS-tason 2 kannattavuutta kannattaa myös arvioida ja tavoitteena pitäisi olla ratalaitteiden vähentäminen, jotta tekniikka olisi kustannustehokasta. Päätöstä tehdessä on mietittävä kokonaisuutta, liikennöintitiheyttä ja yhteentoimivuuden tarpeita, joten Suomessa saattaa olla harvassa tapauksessa perusteita siirtyä käyttämään ERTMS-tasoa 2.

10 Johtopäätökset

Koerata ERTMS-tasolle 1 ja 2 sekä niiden välisille siirtymisille on ehdottoman tarpeen ennen kuin ERTMS-tason 2 ratkaisuja aletaan suunnitella todelliseen käyttöön. Tämä on tarpeen, jotta ainakin suurin osa mahdollisista ongelmakohdista käytettävyyteen ja turvallisuuteen liittyen voidaan havaita turvallisissa olosuhteissa ja siten, että niistä seuraavat vaatimukset voidaan huomioida kustannustehokkaasti jo hankintavaiheessa. Tässä vaiheessa on hyvä tehdä periaatepäätökset suuremmista linjauksista, mitkä toiminnot tehdään missäkin järjestelmässä, jos sellaisia on jätetty avoimeksi kansainvälisissä vaatimuksissa. Mahdollinen koerata voisi olla esimerkiksi Parikkala–Joensuu tai Luumäki–Imatra-rataosuudella. Koerata on hyvä valita siten, että koeradon rakentaminen ja varsinaiset koeajot eivät aiheuta merkittäviä häiriöitä liikennöintiin.

Tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että ERTMS-tason 2 hyödyntämismahdollisuudet Suomessa kapasiteetin ja olemassa olevien turvalaitejärjestelmien kannalta on kannattavaa vasta pidemmällä aikavälillä. ERTMS-tasoa 2 kannattaa pitää esillä asiantuntijatarkasteluissa yhtenä toteuttamisvaihtoehtona, mutta varsinaista hankintapäätöstä ennen jollekin rataosalle on tarpeen tehdä tarkat kannattavuuslaskelmat mukaan lukien radioverkolta tarvittava lisäkapasiteetti. ERTMS-tason 2 käyttöönotto on kannattavaa vain silloin, kun rataosuus on vähintään kaksiraiteinen ja taso 1 / JKV ei tarjoa riittävää kapasiteettia. ERTMS-tason 2 käyttöönotto on harkittava kokonaisuutena siten, että osuudet ovat riittävän pitkiä ajatellen liikennöintiä. Lisäksi kokonaisuuden kannalta on mietittävä, rakennetaanko varajärjestelmänä ERTMS-taso 1 (tai JKV), jos halutaan varmistaa häiriötilanteiden hallinta ja riittävä käytettävyydestaso.

Suosittelavaa on harkita ERTMS-tason 2 käyttöönottoa vain siinä yhteydessä, kun asetinlaitetta ollaan muutenkin uusimassa, koska rajapinnan toteuttaminen tasoa 2 varten nykyiseen asetinlaitteeseen on hankala ja kallis toteuttaa riippumatta asetinlaitetyypistä. Nykyisten asetinlaitteiden ominaisuudet ja logiikka ei tue ERTMS-tason toiminnallisuutta, joten itse asetinlaitteeseen tarvitaan merkittäviä muutoksia tai asetinlaitteen päälle on rakennettava liityntätietokone, jossa osa asetinlaitteen logiikasta tulee tehtyä uudestaan. Asetinlaitteen uusimisen yhteydessä voidaan harkita myös RBC:n liittämistä osaksi asetinlaitetta, jolloin rajapinnasta aiheutuvat virhemahdollisuudet ja viiveet vähenevät. Käytettävyyden, kuten myös muiden RAMS-vaatimusten onkin oltava olennainen osa hankintoja järjestelmien kompleksisuuden lisääntyessä.

Viitteet

- /1/ Rönneikkö, P. 2010. Selvitys Helsingin alueen rautateiden liikenteenohjausjärjestelmistä. Selvitysmiehen loppuraportti. Liikennevirasto.
- /2/ INESS Project. Context and Objectives. www-muodossa <URL: <http://www.iness.eu/spip.php?article2>>. Luettu 29.1.2012
- /3/ EN 50126-1. Syyskuu 1999 (päivitetty toukokuu 2010). Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process. Eurooppalainen standardi. CENELEC.
- /4/ EN 50128. Kesäkuu 2011. Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems. Eurooppalainen standardi. CENELEC
- /5/ EN 50129. Helmikuu 2003. Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling. Eurooppalainen standardi. CENELEC.
- /6/ EN 50159-1. Maaliskuu 2001. Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Part 1: Safety-related communication in closed transmission systems. Eurooppalainen standardi. CENELEC.
- /7/ CLC/TR 50506-2. Joulukuu 2009. Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Application Guide for EN 50129 - Part 2: Safety assurance. Tekninen raportti. CENELEC.
- /8/ Efficient Development of Safe Railway Applications Software with EN 50128 Objectives Using SCADE Suite®. Methodology Handbook. Third Edition. Esterel Technologies.
- /9/ Subset-098 v1.0.0. 21.5.2007. RBC-RBC Safe Communication Interface.
- /10/ Subset-039 v. 2.1.2. 31.8.2005. FIS for RBC/RBC Handover.
- /11/ Bartnicki, K. & Rahn, W. 2011. Integration of relay interlocking systems along ETCS corridors. Rail Technology Review, volume 51.

